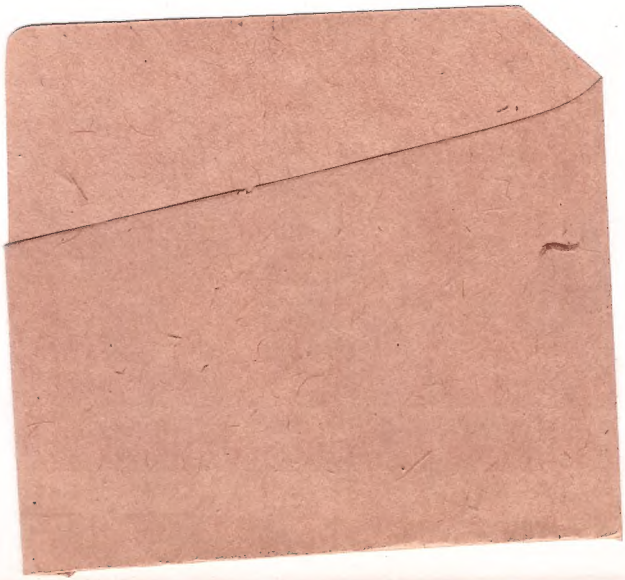
621.395
А-22

ОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ



621.395
А 22

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Под редакцией
О. Н. Ивановой

Издание второе,
дополненное и переработанное

Допущено
Министерством связи СССР
в качестве учебника
для электротехнических
институтов связи

071247

621.395

Москва «Связь» 1978

2013

ПЕРЕВІРЕНО

32.882
А18
УДК 621.395(075.8)

АВТОРЫ: О. Н. ИВАНОВА, М. Ф. КОПП, З. С. КОХАНОВА,
Г. Б. МЕТЕЛЬСКИЙ

А18 Автоматические системы коммутации: Учебник для вузов/Иванова О. Н., Копп М. Ф., Коханова З. С., Метельский Г. Б.; Под ред. О. Н. Ивановой — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Связь, 1978. — 624 с., ил.

Авт. указаны на обороте тит. л.

В пер.: 1 р. 70 к.

Излагаются физические основы телефонии, принцип автоматической коммутации, способы построения управляющих устройств и методы передачи линейных и управляющих сигналов. Рассматриваются декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные и электронные АТС. Приводятся методы расчета реле в схемах АТС, принципы построения городских телефонных сетей, проектирование сетей и станционных сооружений, даются понятия об интегральных сетях связи, приводятся методы технической эксплуатации АТС.

Учебник рассчитан на студентов вузов связи. Может быть полезен широкому кругу специалистов телефонной связи.

$\frac{30602-097}{045(01)-78}$ 42—78

ББК 32.882
6Ф1.2

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
Р. А. АВАКОВ, Н. Б. ПОКРОВСКИЙ, М. М. ПОДВИДЗ, ФАНЬ ГЭН ЛИНЬ, В. И. ИСАЕВ, Г. З. МАКСИМОВ, В. И. БИТНЕР, Р. А. КОЛОСКОВА, Н. И. ГОЛОБОРЩЕВ, Ю. П. БЫКОВ, Л. И. ФЕДЧЕНКО, М. М. ЕГУНОВ, А. В. ТАНЬКО, Н. П. МАРКИН.

© Издательство «Связь», 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник «Автоматические системы коммутации» составлен в соответствии с новыми учебными планами и программами (1974) для специальности «Автоматическая электрическая связь и телефония» (0702). Настоящий учебник является существенно переработанным и дополненным по сравнению с учебником «Автоматическая коммутация и телефония», вышедшим в двух частях в 1968—1969 гг. С более общих позиций изложены основы автоматической коммутации, принципы построения коммутационных систем и управляющих устройств узлов связи, вопросы технической эксплуатации АТС. Новыми для данного учебника являются главы, относящиеся к курсу «Электронная коммутация», который по существующему учебному плану вошел в курс «Автоматические системы коммутации». Материал учебника базируется на общенаучных дисциплинах, курсах «Вычислительная математика», «Микроэлектроника», «Импульсная и вычислительная техника», а также курсе «Основы дискретной автоматики».

В книге введение, § 2.1—2.4, гл. 3, 4, 10—16 написаны О. Н. Ивановой, § 5.13, гл. 6, 7 — М. Ф. Коппом, гл. 1, § 5.9—512, 5.14 — З. С. Кохановой, § 2.5—2.11, § 5.1—5.8, гл. 8, 9 — Г. Б. Метельским, гл. 17 — А. Я. Марковичем.

Рукопись учебника была рассмотрена сотрудниками кафедры «Автоматическая электросвязь» Ленинградского и Новосибирского институтов связи. Всем, рецензировавшим рукопись, авторы приносят глубокую благодарность за полезные указания при подготовке рукописи.

Все замечания по книге просьба направлять в изд-во «Связь»: 101000, Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с быстрым ростом народного хозяйства Советского Союза, подъемом культуры и повышением жизненного уровня населения в значительной степени возросли объем передаваемой информации и требования к качеству электрической связи. Анализ потоков информации за длительное время показывает, что возрастание объема передаваемой информации пропорционально квадрату роста промышленного потенциала страны. Передача информации стала неотъемлемой частью любого технологического процесса, а также фактором, в значительной степени влияющим на производительность труда. В. И. Ленин в первые годы после Великой Октябрьской революции указывал: «Крупное производство, машины, железные дороги, телефон — все это дает тысячи возможностей сократить вчетверо рабочее время организованных рабочих, обеспечивая им вчетверо большее благосостояние, чем теперь» [1].

Средства электросвязи играют все большую роль в удовлетворении растущих культурных потребностей населения. Развитию и совершенствованию средств электрической связи в нашей стране постоянно уделяется большое внимание. Материалами XXV съезда КПСС предусмотрено дальнейшее развитие всех видов связи, играющих исключительно важную роль в управлении народным хозяйством в деле повышения материального и культурного уровня советского народа. В десятом пятилетии предусматривается увеличение числа телефонных аппаратов на сети в 1,4 раза, а протяженности каналов — в 1,6 раза.

Электрическая связь является такой отраслью народного хозяйства, которая в силу своей специфики взаимосвязана со всеми сферами деятельности государства — промышленностью, сельским хозяйством, культурой, обороной. Ни один процесс в жизни общества не может происходить без обмена информацией, осуществляемого с помощью технических средств, объединенных в сеть электросвязи.

Сеть электросвязи представляет собой сложный комплекс устройств, обеспечивающих передачу и распределение между потребителями различных видов информации: телефонных переговоров, телеграмм, передачу данных для ЭВМ, передачу программ радиовещания и телевидения. В сеть электросвязи входят передатчики и приемники информации, коммутационные узлы и каналы, с помощью которых соединяются передатчики и приемники с коммутационными узлами и коммутационные узлы между собой.

Высокие темпы развития народного хозяйства, оснащение промышленности и сельского хозяйства новейшими техническими

[1] Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 24, с. 371.

средствами производства привели к созданию новых методов управления народным хозяйством и отдельными отраслями промышленности. Это, в свою очередь, вызвало появление новых видов источников информации, таких, как счетно-вычислительные центры, используемые в управлении народным хозяйством, ЭВМ, применяемые для целей управления при комплексной автоматизации производственных процессов, аппаратура дистанционного управления энерго- и газосистемами и др.

Увеличение объема передаваемой информации и появление ее новых видов требуют повышения технического уровня средств электрической связи путем внедрения новейших достижений науки и техники, а также объединения всех средств электросвязи с целью повышения их использования в Единую общегосударственную автоматизированную сеть связи страны (ЕАСС), организационно и технически объединяющую в единый комплекс общегосударственные и ведомственные сети связи страны и обеспечивающую передачу всех видов информации. ЕАСС подразделяется на первичную и вторичную сети связи.

Первичная сеть представляет собой совокупность каналов (линий), предназначенных для передачи информации различного вида. На базе первичной сети образуются вторичные сети электросвязи, предназначенные для передачи в основном одного вида информации: телефонной, телеграфной и т. д. Однако некоторые вторичные сети могут использоваться для передачи нескольких видов информации. Основной частью ЕАСС является общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть связи (ОГАКТС), по которой осуществляется передача большей части информации ЕАСС. Сеть телефонной связи должна обеспечивать возможность установления соединений между абонентами, находящимися в любой части территории страны и за ее пределами. Кроме того, телефонная сеть общего пользования в случае необходимости должна обеспечивать возможность включения подвижных объектов: автомобилей, поездов, самолетов.

Вторичная телефонная сеть представляет собой совокупность станций и узлов коммутации, оконечных абонентских устройств и соединяющих их между собой абонентских и соединительных линий (каналов), организованных на базе каналов первичной сети ЕАСС.

Передатчики информации служат для преобразования информации в электрические сигналы, которые передаются по линии. Приемники служат для обратного преобразования электрических сигналов в информацию, удобную для пользования абонентом. Так, телефонный аппарат выполняет функции передатчика и приемника, поскольку при передаче преобразует звуковые колебания в электрические сигналы, поступающие в линию, а на приемном конце осуществляет обратное преобразование электрических сигналов в звуковые колебания.

Коммутационные станции и узлы служат для соединения кана-

лов (линий) и образования соединительного тракта между абонентскими устройствами на время передачи информации.

Телефонная сеть страны представляет собой совокупность местных телефонных сетей (городских и сельских), объединяемых в масштабе области (в отдельных случаях — масштабе части области или нескольких областей) в зоновые сети, которые, в свою очередь, объединяются в единую сеть с помощью междугородных линий и коммутационных узлов. Такая структура тесно связана с административным построением нашей страны, оказывающим огромное влияние на характер потоков информации между абонентами телефонной сети связи.

За столетний период своего развития техника телефонной связи прошла длинный путь от примитивных телефонных аппаратов и ручных коммутаторов до современных электронных автоматических телефонных станций, управляемых специализированными ЭВМ. В 1876 г. инженер А. Г. Белл (США) получил патент на изобретенное им телефонное устройство, благодаря которому стала возможной передача речи на расстояние с помощью электрических сигналов.

Русские инженеры и техники в этот начальный период развития телефонной техники внесли существенный вклад в дело улучшения конструкции телефонных аппаратов и повышения дальности действия телефонной связи. П. М. Глубицкий разработал и получил патент на усовершенствованный микрофон с угольным порошком и многополюсный телефон (1883 г.). Им же разработан способ питания микрофонов телефонных аппаратов от центральной батареи (1885 г.). Г. Г. Игнатьеву принадлежит идея использования в телефонном аппарате конденсатора для разделения цепей постоянного и переменного тока.

Почти сразу после изобретения телефона появились предложения по организации телефонной связи между абонентами с помощью простейших коммутаторов со штепселями, соединения на которых осуществлялись вручную оператором (телефонисткой). В 1878 г. была открыта первая в мире телефонная станция общего пользования в г. Нью-Хевен (США).

Первые телефонные станции частного пользования в России были построены в 1880 г. на нескольких заводах Уфимской губернии. В 1882 г. появились первые телефонные станции в Петербурге, Москве, Одессе, Риге, а к 1900 г. были установлены телефонные станции в 95 городах России.

Уже в первые годы существования телефонной связи возникла идея автоматизации процесса соединения абонентских аппаратов между собой. В 1887 г. русский инженер К. А. Мосцицкий разработал АТС небольшой емкости — одну из первых АТС в мире, а в 1893 г. М. Ф. Фрейденберг разработал АТС с шаговыми искателями, макет которой был изготовлен в мастерских Одесского университета. В 1895 г. М. Ф. Фрейденберг патентует идею применения предыскателя, а в 1896 г. создает машинный искатель. В этом

же году им были впервые введены в схему АТС предыскатель и групповой искатель.

В 1889 г. братья Строуджер получили патент на изобретенный ими декадно-шаговый искатель с подъемно-вращательным движением щеток. В 1892 г. в городе Ла-Порт (США) состоялся пуск первой АТС на искателях Строуджера.

Коммутационная техника в это время быстро развивалась, причем техника ручной коммутации достигла большого совершенства. Примером этого может служить Центральная московская телефонная станция, емкость которой в 1916 г. составляла 60 000 номеров. Однако основные усилия инженерной мысли в это время были направлены на создание более эффективных средств автоматической коммутации. Быстрое развитие техники АТС началось после изобретения декадно-шаговых искателей. С ростом телефонных сетей, особенно в крупных городах, стали сказываться недостатки, присущие декадно-шаговым системам АТС: недостаточная надежность, большие эксплуатационные расходы, малая емкость контактного поля искателей, большие затраты на построение телефонных сетей.

В 1910—1920 гг. нашего столетия появился ряд новых систем АТС с искателями большой емкости на 300—500 линий. Для приведения в движение искателей большой емкости применяется машинный привод, вследствие чего эти системы АТС получили название машинных. Машинные системы АТС получили широкое развитие в ряде стран в 1920—1930 гг.: «панельная» система в США, система «Ротари» во Франции, Бельгии, система «Эриксон» в Швеции, СССР и в некоторых других странах.

Сложность производства приборов машинных АТС, малые возможности автоматизации их производства, значительные затраты труда на эксплуатацию привели к необходимости разработки новых систем АТС, свободных от этих недостатков. Такими системами стали координатные, в которых для коммутации разговорного тракта используются электромеханические приборы, называемые многократными координатными соединителями (МКС), а для целей управления применяются общие релейные устройства, обслуживающие группу приборов. Эти системы АТС отвечают требованиям построения крупных телефонных сетей, обеспечивают существенное сокращение эксплуатационных расходов на обслуживание станций за счет более высокой надежности действия оборудования.

Послевоенный период ознаменовался бурным развитием электроники и вычислительной техники, которые оказали свое влияние на развитие коммутационной техники. Сначала появились станции механоэлектронного типа, в которых коммутация разговорного тракта осуществлялась электромеханическими приборами, такими, как координатные или кодовые соединители, а управляющие устройства в основном выполнялись на электронных элементах. Однако в этих системах главное преимущество электронных элементов (их быстродействие) полностью не использовалось из-за

невысокой скорости работы приборов разговорного тракта. В 1950—1960 гг. были предприняты многочисленные попытки создания полностью электронных АТС, однако эти попытки не увенчались успехом ввиду больших трудностей создания экономичного электронного контакта для коммутации каналов, по которым передаются аналоговые сигналы. В 1960—1965 гг. были созданы квазиэлектронные системы АТС, в которых коммутация разговорного тракта осуществляется быстродействующими электромеханическими приборами, герконовыми реле, ферридами, реле типа ESK, а устройства управления выполнены на электронных приборах.

В последние годы появилась возможность использования быстродействующих электронных приборов в системах с временным делением каналов, в которых аналоговые сигналы передаются в виде дискретных значений. Это позволяет в промежутках между импульсами одного сообщения передавать импульсы другого сообщения. Преобразование аналоговых сигналов (речевых) в дискретные может осуществляться на оконечной станции, в которую включена абонентская линия, или в аппарате абонента. Такая система временно́го уплотнения может быть использована не только на линейных участках соединительного тракта, но и на внутристанционных участках. Системы коммутации, в которых аппаратура коммутации и уплотнения выполнена на единых принципах и на единой элементной базе, а все виды информации передаются по сети связи в единой цифровой форме, называются *интегральными.*

В настоящее время ведутся разработки интегральных сетей связи, где широкое применение найдут системы передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) и электронные узлы коммутации. Для управляющих устройств в новых системах коммутации используются электронные специализированные управляющие машины.

ГЛАВА 1

ТЕЛЕФОННЫЕ ТРАКТЫ И АППАРАТЫ

1.1. ТЕЛЕФОННЫЕ ТРАКТЫ И ИХ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

Процесс преобразования речевых сигналов в электрические, передача их на расстояние и преобразование последних вновь в речевые сигналы называется *телефонной передачей речи*. Для осуществления телефонной передачи создаются телефонные тракты, содержащие акустико-электрические (микрофоны *М*) и электроакустические (телефоны *Т*) преобразователи, являющиеся составными частями телефонного аппарата ТА, а также соединительные тракты, состоящие из линейных и станционных устройств сети связи.

Телефонные аппараты предназначены для приема и передачи вызывных и речевых сигналов, для посылки адресных (набор номера) сигналов. С помощью телефона ТА обеспечивается прием тональных сигналов, извещающих абонента в процессе создания тракта телефонной передачи о состоянии станционных и линейных устройств, а также о состоянии ТА вызываемого абонента. Адресную информацию, т. е. информацию о номере ТА вызываемого абонента, передают с помощью номеронабирателя ТА.

Линейные устройства обеспечивают соединение телефонных аппаратов с телефонными станциями и станций между собой. Станционные устройства по адресной информации обеспечивают соединение ручным или автоматическим способом станционных и линейных участков тракта на время разговора.

Телефонные тракты могут быть двухпроводными, четырехпроводными, а также составленными из двух- и четырехпроводных участков. На рис. 1.1 показан четырехпроводной телефонный

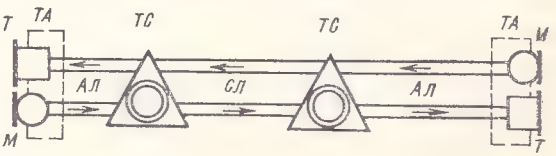


Рис. 1.1. Телефонный четырехпроводный тракт

тракт, который состоит из двух двухпроводных телефонных трактов одностороннего действия и обеспечивает двустороннюю передачу речи. Четырехпроводной телефонный тракт включает в себя по два участка воздушной среды между преобразователями и ре-

чевым и слуховым аппаратами человека на каждом конце тракта, четырехпроводные телефонные аппараты ТА, абонентские линии АЛ, станционные устройства телефонных станций (ТС) и соединительную линию (СЛ), соединяющую эти станции между собой. Четырехпроводной тракт может быть образован с помощью двух двухпроводных физических кабельных или воздушных линий. Тракт такого вида устойчив против самовозбуждения вследствие незначительного электромагнитного влияния между параллельными участками односторонних, двухпроводных трактов и небольшой акустической связи между микрофоном и телефоном, работающим в условиях нагрузки на ухо человека.

Применение на городских телефонных сетях четырехпроводных трактов с использованием четырех жил кабеля экономически нецелесообразно. Поэтому в ТА вводится двухобмоточный трансформатор (рис. 1.2) или трехобмоточный с балансным контуром,

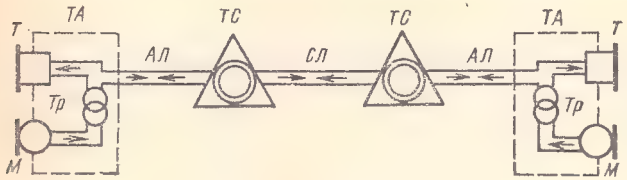


Рис. 1.2. Телефонный тракт с двухпроводными линейными и станционными участками

с помощью которого обеспечивается подключение преобразователей ТА к двухпроводной АЛ. Трехобмоточный трансформатор с балансным контуром образует дифференциальную систему *ДС*, которая уменьшает электрическую обратную связь между микрофоном и телефоном телефонного аппарата.

Стремление повысить использование физических воздушных, кабельных соединительных линий большой протяженности приводит к необходимости введения многоканальных систем передачи, требующих перехода с двухпроводной линии на четырехпроводной телефонный канал и наоборот (рис. 1.3). Для этой цели на теле-

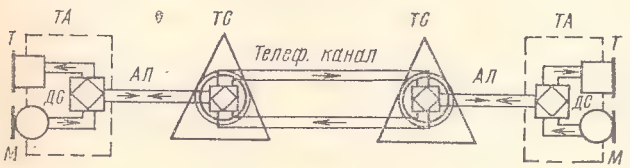


Рис. 1.3. Телефонный тракт с двухпроводными и четырехпроводными линейными участками

фонных станциях устанавливаются дифференциальные системы. Однако таким трактам свойственна электрическая обратная связь между передающим и принимающим участками тракта, включаемыми в *ДС*. Электрическая обратная связь, обусловленная несовершенством балансировки *ДС*, снижает устойчивость тракта против самовозбуждения. Для повышения устойчивости тракта необ-

ходимо создавать коммутационные системы, позволяющие коммутировать четырехпроводные участки тракта, что сокращает число *ДС*, последовательно включенных в телефонный тракт.

Основными требованиями, предъявляемыми к качеству передачи речи по телефонному тракту, являются *разборчивость, громкость и натуральность* воспроизводимой речи на приемном конце тракта, что необходимо для ведения разговора без напряжения. Для оценки качества передачи речи по телефонным трактам, отдельным его участкам международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии МККТТ разработал нормы оценки качества телефонной передачи, а по ним — специальные эталонные тракты для получения количественных оценок качества. Качество телефонной передачи в значительной мере определяется телефонометрическими, электроакустическими, электрическими, механическими и климатическими параметрами телефонных аппаратов. Параметры ТА нормируются и должны соответствовать ГОСТ 7153—68.

Структурная схема телефонного аппарата АТС приведена на рис. 1.4. Телефонный аппарат содержит: вызывные, разговорные приборы, рычажный переключатель *РП*, номеронабиратель. Номеронабиратель обеспечивает передачу адресной информации и

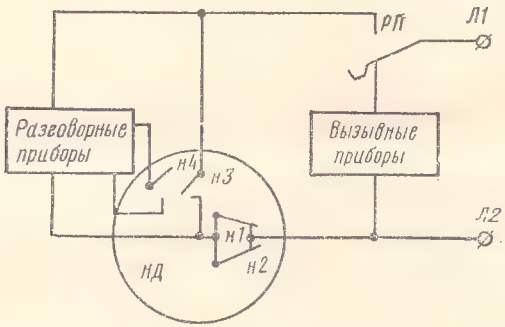


Рис. 1.4. Структурная схема телефонного аппарата

может быть дисковым *(НД)* или кнопочным *(НК)*, который иногда называется *тастатурой*. Переключение провода *Л1* абонентской линии от вызывных приборов к разговорным осуществляется рычажным переключателем *РП*. К вызывным приборам относятся приемники, а иногда и передатчики сигналов вызова, к разговорным — микрофон, телефон или громкоговоритель и дифференциальная система *ДС*.

При передаче речи на передающем конце тракта звуковые колебания от рта говорящего воздействуют на микрофон, а на приемном конце тракта звуковые колебания, создаваемые телефоном, воздействуют на ухо слушающего. В воздушных пространствах между преобразователями и органами речи и слуха человека об-

разуются звуковые поля, которые также являются звеньями тракта. Поэтому, прежде чем перейти к изучению преобразователей, необходимо рассмотреть основные характеристики звукового поля, свойства звуков речи и слуха человека.

1.2. ЗВУКОВОЕ ПОЛЕ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называют *звуковым полем*. Процесс преобразования и распространения звуков в звуковом поле обусловлен взаимодействием молекул упругой среды. Звуковое поле характеризуется смещением молекул среды от положения их устойчивого равновесия x и скоростью колебания молекул v. Для простого гармонического звука

$$x = X_м \sin \omega t; \tag{1.1}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega X_м \cos \omega t = V_м \cos \omega t, \tag{1.2}$$

где $X_м$ — амплитуда смещения молекул среды в процессе колебаний; ω — угловая частота колебаний; t — время колебаний; v — акустическая скорость; $V_м$ — амплитуда акустической скорости.

Энергетическими характеристиками звукового поля являются звуковое давление $p(t)$ и интенсивность звука J.

Звуковым давлением называется избыточное по сравнению с атмосферным давлением в данной точке звукового поля, создаваемое источником звука. Результирующее давление в данной точке звукового поля составит

$$p = p_{ат} + p(t), \tag{1.3}$$

где $p_{ат}$ — атмосферное давление; $p(t)$ — избыточное над атмосферным переменное звуковое давление.

Закон изменения звукового давления определяется характером колебаний тела, возбуждающего звук. Для гармонического колебания

$$p(t) = P_м \sin \omega t, \tag{1.4}$$

где $P_м$ — амплитуда изменения звукового давления.

При расчетах пользуются действующим значением звукового давления, которое для гармонического звука равно

$$P = P_м/\sqrt{2}. \tag{1.5}$$

Единицей звукового давления является паскаль (Па), численно равный силе в один ньютон, деленной на один квадратный метр [Н/м^2].

Интенсивностью звука называется удельная мощность (мощность, приходящаяся на единицу площади), переносимая звуковой волной. Интенсивность звука J выражается в ваттах на квадратный метр (Вт/м^2). При телефонной передаче речи с некоторым приближением принимают, что звуковая энергия переносится плоской волной.

Для звукового поля с плоскими волнами акустическое сопротивление измеряется в килограммах, деленных на метр квадратный в секунду (кг/м²с), и определяется по формуле

$$P/V = \rho c, \tag{1.6}$$

откуда

$$V = P/\rho c, \tag{1.7}$$

где $V = V_м/\sqrt{2}$ — действующее значение акустической скорости; ρ — плотность воздуха; c — скорость звука.

Поскольку по определению интенсивность звука является удельной мощностью, то можно записать

$$J = PV. \tag{1.8}$$

Подставив в (1.8) выражение (1.7), получим

$$J = P^2/\rho c. \tag{1.9}$$

При нормальном атмосферном давлении и температуре — 20°С плотность воздуха $\rho = 1{,}205$ кг/м³ и скорость $c = 344$ м/с. При этих условиях получены выражения для J и P, имеющие практическое значение:

$$J = 2{,}41 \cdot 10^{-3} P^2; \tag{1.10}$$

$$P \approx 20{,}4\sqrt{J}. \tag{1.11}$$

Для расчетов и количественного анализа акустических явлений удобнее пользоваться не абсолютными характеристиками звукового поля, а их уровнями, выраженными в относительных логарифмических единицах децибелах (дБ), соответствующими определенным физиологическим ощущениям. Это объясняется весьма широкими пределами изменения величин J и P. Поэтому использование абсолютных величин приводит к неудобствам при вычислениях и их графическом изображении. Кроме того, изменение интенсивности звука ухо человека ощущает как изменение его громкости. Ощущение прироста громкости звука с увеличением его интенсивности подчиняется психофизиологическому закону Вебера—Фехнера, по которому *прирост ощущения пропорционален логарифму отношения раздражений.* Для получения прироста ощущения в децибелах коэффициент пропорциональности принимают равным десяти.

Для определения уровней интенсивности и звукового давления на любой частоте приняты *интенсивность нулевого уровня* $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м² и *звуковое давление нулевого уровня* $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Величины J_0 и P_0 приблизительно соответствуют минимальной интенсивности и минимальному звуковому давлению, воспринимаемыми человеческим ухом в области частоты 1000 Гц. Таким образом, уровни интенсивности и звукового давления, измеряемые в децибелах, вычисляются по формуле

$$B = 10\lg\frac{J}{J_0} = 10\lg\frac{P^2}{P_0^2} = 20\lg\frac{P}{P_0}. \tag{1.12}$$

Для определения уровней сложных звуков, например звуков речи или шумов, используется понятие спектральных уровней B_1, т. е. уровней энергии, приходящейся на полосу частот шириной 1 Гц. Если суммарная интенсивность сложного звука или шума в полосе частот Δf равна $J_{\Delta f}$, то спектральная интенсивность будет $J_1 = J_{\Delta f}/\Delta f$, а спектральный уровень интенсивности

$$B_1 = 10\lg \frac{J_1}{J_0} = 10\lg \frac{J_{\Delta f}}{J_0} - 10\lg \Delta f = B_{\Delta f} - 10\lg \Delta f, \quad (1.13$$

где $B_{\Delta f}$ — уровень интенсивности звука, просуммированной в полосе частот Δf.

1.3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СЛУХА И ОЦЕНКИ СЛУХОВОГО ОЩУЩЕНИЯ

Звуковое ощущение у человека возникает вследствие воздействия на барабанную перепонку органа слуха упругих колебаний среды. Орган слуха человека может улавливать только те звуковые колебания, интенсивность звука которых больше некоторой минимальной величины, называемой *порогом слышимости*. Кривая, соединяющая точки, соответствующие порогу слышимости каждой из частот, называется *кривой порога слышимости*. Для каждой частоты звукового диапазона с увеличением интенсивности звука возрастает громкость звука данной частоты до тех пор, пока в ухе не возникает ощущение боли. Эта величина интенсивности звука называется *порогом болевого ощущения*. Кривая, соединяю-

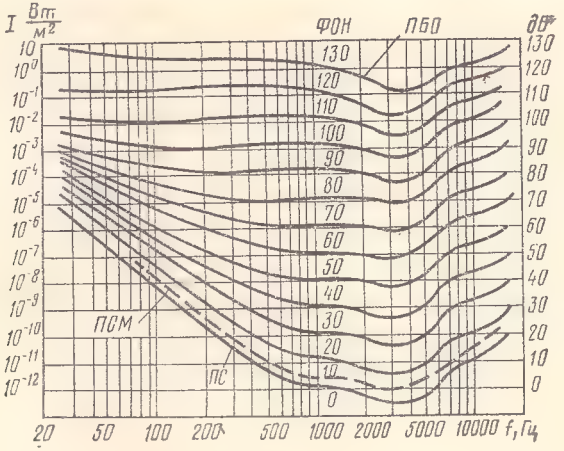


Рис. 1.5. Область слухового восприятия и кривые равной громкости:
ПС — порог слышимости; ПСМ — порог слышимости моноуральный; ПБО — порог болевого ощущения

щая точки, соответствующие порогу болевого ощущения каждой из частот, называется *кривой порога болевого ощущения*. Указанными кривыми как по частоте, так и по интенсивности ограничена область слухового ощущения (рис. 1.5). Пороги слышимости звуков при моноуральном (одним ухом) ПСМ и биоуральном (двумя ушами) слушании ПС различны. Биоуральный порог лежит несколько ниже моноурального, так как при слушании двумя ушами результирующий порог определяется сложением слуховых ощущений. Между пороговыми кривыми находится множество кривых слухового восприятия равной громкости. Каждая из этих кривых является геометрическим местом точек, соответствующих тонам разных частот и имеющих равную громкость.

Кривые слухового восприятия или кривые равной громкости говорят о широких возможностях и об исключительном совершенстве уха как индикаторе звуковых колебаний. Например, при частоте 1000 Гц человеческое ухо способно воспринимать звуковые колебания интенсивностью от 1 до 10^{-12} Вт/м^2, т. е. интенсивность слышимого на этой частоте звука лежит в пределах, относящихся друг к другу как 10^{12}. Это отношение называется *динамическим диапазоном слуха* и выражается в децибелах (дБ)

$$B_{\text{д}} = 10\lg \frac{1}{10^{-12}} = 120. \qquad (1.14)$$

Уровень ощущения является разностью уровня интенсивности звука определенной частоты и уровня интенсивности звука той же частоты на пороге слышимости и определяется

$$S = 10\lg \frac{J}{J_{\text{п.с}}} = B - \beta_0, \quad \beta_0 = 10\lg \frac{J_{\text{п.с}}}{J_0}, \qquad (1.15),\ (1.16)$$

где $J_{\text{п.с}}$ — интенсивность звука с частотой f на пороге слышимости; β_0 — уровень интенсивности звука на пороге слышимости (пороговый уровень).

При воздействии на ухо человека сложных звуков (звуков речи, шума) со сплошным спектром частот каждое волокно основной мембраны внутреннего уха возбуждается не только звуковым колебанием с резонансной частотой, которой соответствует частота его собственных колебаний, но и составляющими спектра, лежащими ниже и выше резонансной частоты в определенных пределах. Полоса частот, ограниченная этими пределами, называется *критической полосой* слуха $\Delta f_{\text{к}}$. Она характеризует интегральную и избирательную способности слуха по частоте. За счет интегральной способности слуха происходит усиление слухового ощущения

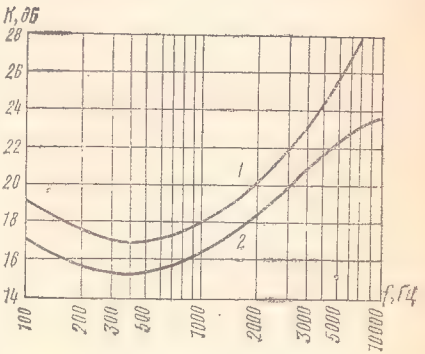


Рис. 1.6. Частотная зависимость логарифмической широты критической полосы слуха

на каждой частоте спектра. Приращение уровня ощущения в этом случае оценивается логарифмической шириной критической полосы слуха $\kappa = 10 \lg \Delta f_к$. Зависимость этой величины от средней частоты критической полосы слуха f_1 представлена на рис. 1.6 при моноуральном (кривая *1*) и виноуральном (кривая *2*) слушании.

Уровень ощущения участка звука сплошного спектра, определенный с учетом критической полосы слуха $\Delta f_к$, средняя частота которого совпадает со средней частотой воспринимаемого ухом участка спектра, называется *эффективным уровнем ощущения*. Эффективный уровень ощущения вычисляется по формуле

$$S_э = B_1 + \kappa - \beta_0, \tag{1.17}$$

которая получена из выражения

$$S_э = B_{\Delta f_к} - \beta_0 = 10 \lg \frac{J_1 \Delta f_к}{J_0} - \beta_0 = 10 \lg \frac{J_1}{J_0} + 10 \lg \Delta f_к - \beta_0, \tag{1.18}$$

где $B_{\Delta f к}$ — уровень интенсивности в полосе $\Delta f_к$; J_1 — спектральная интенсивность звука сплошного спектра в пределах $\Delta f_к$; B_1 — спектральный уровень интенсивности звука в полосе $\Delta f_к$ со средней частотой f_1; $\kappa = 10 \lg \Delta f_к$ — логарифмическая ширина критической полосы слуха.

Сумма $B_1 + \kappa$ определяет общую величину энергии, создающую результирующий эффект на данной частоте f_1, которой соответствуют спектральный уровень B_1 и логарифмическая ширина критической полосы слуха κ.

Мерой громкости звука является *уровень громкости*. Звуковые колебания с разными частотами и одинаковыми интенсивностями воспринимаются с разной громкостью. Колебания с разными частотами и интенсивностями могут восприниматься с одинаковой громкостью, если точки, соответствующие этим интенсивностям, лежат на одной кривой равной громкости. Например, громкость звука $f = 0{,}2$ кГц и $J = 10^{-8}$ Вт/м^2 будет равна громкости звука $f = 1$ кГц и $J = ^{-10}$ Вт/м^2 (см. рис. 1.5). Такие звуки называются *равногромкими*. Уровень громкости звука любой частоты определяют уровнем интенсивности звука с частотой 1000 Гц, равногромкого с этим звуком. Уровень громкости измеряется в фонах (фон). Уровень громкости звука определенной частоты определяется по кривым равной громкости или рассчитывается по формуле

$$L = 10 \lg \frac{J_{1000}}{J_0}, \tag{1.19}$$

где J_{1000} — интенсивность звука $f = 1000$ Гц, равногромкого с заданным звуком.

С помощью кривых равной громкости (см. рис. 1.5) можно решать очень важный вопрос о характере звучания при воспроизведении звука с пониженной или повышенной громкостью по сравнению с громкостью оригинального звучания.

Человеческое ухо обладает свойством изменять свою чувствительность, приспосабливаясь к громкости воспринимаемого звука

вследствие изменения порога слышимости. Это свойство называется *адаптацией слуха*. Процесс адаптации происходит не мгновенно, а с некоторым запаздыванием во времени (3—5 с). С этим явлением приходится считаться при разработке схем телефонных аппаратов.

Если орган слуха находится под воздействием двух звуков различных громкостей, то более громкий звук, даже при значительной разнице в частотах, заглушает слабый звук и ухо воспринимает не два, а один звук. Это явление называется *маскировкой*

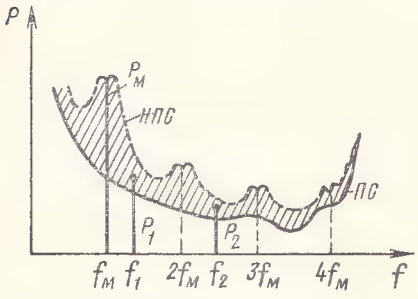


Рис. 1.7. Изменение порога слышимости маскирующим звуком:
ПС — порог слышимости; НПС — новый порог слышимости

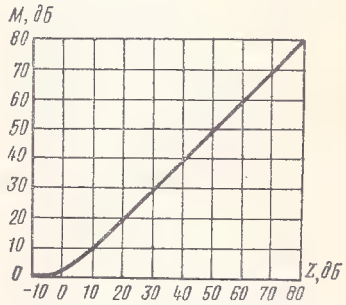


Рис. 1.8. Зависимость маскировки звуком сплошного спектра от эффективного уровня ощущения шума

звука. Маскирующее действие может быть количественно оценено повышением порога слышимости какого-либо звука при одновременном воздействии маскирующего звука. Влияние маскировки звуков при их восприятии человеческим ухом можно показать на рис. 1.7. Полезный сигнал состоит из двух тонов частот f_1 и f_2 со звуковым давлением P_1 и P_2 соответственно, маскирующий тон имеет частоту $f_м$ и звуковое давление $P_м$. Звуковое давление $P_м$ превышает звуковое давление тонов частотами f_1 и f_2, поэтому последние не воспринимаются. При отсутствии маскирующего тона $f_м$ все составляющие полезного сигнала будут восприниматься органом слуха.

Эффект маскировки, как видно из рис. 1.7, проявляется не только в области частот, близких к основному маскирующему тону, но и в области его гармоник. Маскирующее действие могут оказать шумы и переходные разговоры с соседних телефонных трактов. Количественной оценкой маскировки M является разность между уровнем интенсивности на новом пороге слышимости НПС полезного звука при наличии маскирующего звука и уровнем интенсивности на пороге слышимости ПС этого же звука при отсутствии маскирующего звука:

$$M = \beta_м - \beta_0. \qquad (1.20)$$

Если маскировка осуществляется не чистым тоном, а шумом со сплошным спектром, что имеет место на практике, то сдвиг поро-

071247

га слышимости на каждой частоте f_1 в силу интегральной способности слуха будет создаваться составляющими маскирующего спектра, заключенными в пределах полосы $\Delta f_к$, центром которой является данная частота f_1.

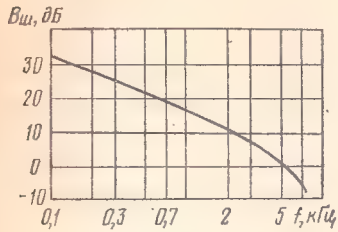


Рис. 1.9. Спектральная характеристика комнатного шума

Расчет маскировки при воздействии на полезные сигналы шума сплошного спектра проводится с учетом эффективного уровня ощущения шума, который принято обозначать Z:

$$Z = B_ш + к - \beta_0. \qquad (1.21)$$

Рассчитав Z по графику зависимости $M=f(Z)$ (рис. 1.8), определяют величину маскировки M. Спектральный уровень шума $B_ш$ находится по его спектральной характеристике $B_ш=\varphi(f)$. Характеристика комнатного шума с уровнем 60 дБ приведена на рис. 1.9.

1.4. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОВ РЕЧИ

Образование звуков речи происходит в результате работы голосового аппарата человека. В процессе разговора легкие через бронхи и трахею создают поток воздуха, поступающий через вибрирующие голосовые связки. Голосовые связки, то сжимая, то открывая голосовую щель, пропускают воздух импульсами (рис. 1.10), частота следования которых постоянна для данного человека и

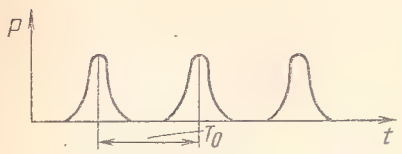


Рис. 1.10. Временна́я характеристика первичного звука

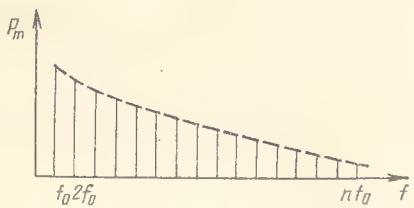


Рис. 1.11. Амплитудно-частотный спектр импульсов звукового давления

равна частоте свободных колебаний голосовых связок. Частотный спектр получающегося при этом звукового давления (рис. 1.11), содержит большое число гармонических составляющих, амплитуда которых уменьшается с ростом частоты. Высота основного тона (f_0) характеризует тон голоса говорящего: бас — 80—320 Гц; сопрано — 250—1200 Гц. Основной тон в большинстве случаев почти не играет роли для распознавания звуков речи. При этом 65% мощности приходится на звуковые колебания с частотами до 500 Гц. Воздушная струя проходит через систему резонаторов,

которые образуются воздушными объемами полостей рта и носоглотки, видоизменяющихся в процессе произнесения различных звуков положением языка, зубов и губ.

Наличие этой системы резонаторов обусловливает изменение гармонических составляющих: амплитуды одних усиливаются, других ослабляются. Характерные для разных звуков речи усиленные области частот называются *формантными областями* или просто *формантами* (рис. 1.12). Форманта характеризуется либо за-

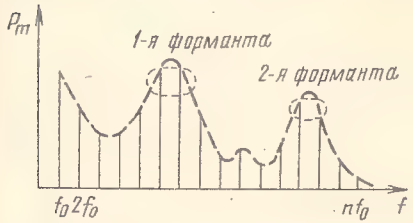


Рис 1.12. Амплитудно-частотный спектр сформированного звука

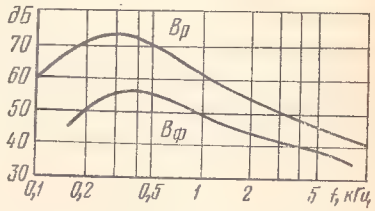


Рис. 1.13. Спектральные уровни интенсивности русской речи ($B_р$) и формант ($B_ф$)

нимаемой ею частотной полосой, либо средней частотой, соответствующей максимуму амплитуды звукового давления в формантной полосе, и средним уровнем энергии в этой полосе.

Звуки речи различаются друг от друга по числу формант и их расположению в частотном спектре. Разборчивость передаваемой речи зависит от того, какая часть формант дошла до уха слушающего без искажений и какая исказилась. Менее мощные составляющие, лежащие между формантами, определяют индивидуальные особенности голосового аппарата человека, тембр речи и вместе с основным тоном позволяют узнавать говорящего по голосу.

Представленный выше вид спектральной характеристики (см. рис. 1.12) соответствует гласному звуку, обладающему периодичностью. Согласные звуки образуются без участия голосовых связок вследствие трения струи воздуха при прохождении его через отверстие между зубами и твердым небом. Согласные звуки непериодичные, их частотные спектры полностью сплошные или содержат в своем составе участки сплошного спектра. Они также различаются формантами. Речевой сигнал несет в себе информацию смысловую и интонационную, информацию о типе голоса и его индивидуальной окраске. При разговоре средней громкости суммарная действующая величина звукового давления на расстоянии 1 м от рта говорящего равна приблизительно 0,1 Н/м^2.

На основании исследования звуков русской речи можно указать основные их спектральные и временны́е характеристики.

К *спектральным* характеристикам относятся:

диапазон частот звуков русской речи, занимающий полосу частот от 80 до 12 000 Гц;

диапазон основных тонов, занимающий полосу от 80 до 300 Гц, причем частота основного тона при разговоре составляет для мужчины 150 Гц, для женщины 250 Гц;

диапазон формант, занимающий полосу частот от 200 до 8600 Гц;

число формант в звуках, достигающее в отдельных звуках шести. Однако определяющими для каждого звука являются одна или две из них. Большая часть формант находится в диапазоне частот от 300 до 3400 Гц, поэтому этот диапазон частот рекомендован МККТТ для передачи по телефонному тракту;

спектр речи, характеризующий зависимость среднего в течение длительного времени спектрального уровня интенсивности речи $B_р$ от частоты. Эта зависимость для русской речи при суммарном действующем звуковом давлении 1,5 Н/м^2 приведена на рис. 1.13. На этом же рисунке представлен также *спектральный уровень формант* $B_ф$ в зависимости от частоты. Уровень $B_р$ больше уровня $B_ф$, так как частотный спектр речи, кроме формант, содержит и другие составляющие звуков речи. Спектральные характеристики звуков речи являются главными, но для распознавания особенно согласных звуков существенное значение имеют и временны́е факторы.

К *временны́м* характеристикам относятся:

длительность звуков речи, лежащая в пределах от 20 до 260 мс, причем гласные звуки длительнее согласных;

длительность пауз в непрерывном разговоре, составляющая 16% от суммарного времени разговора.

Мощность звуковых колебаний речи весьма мала. Средняя мощность при шепоте 0,01 мкВт, нормальном разговоре 10 мкВт, при крике отдельные пиковые значения составляют 5000 мкВт. Диапазон изменения мощности звуков речи выражают в логарифмическом масштабе, измеряют в децибелах, и называют *динамическим диапазоном речи:*

$$D = 10 \lg \frac{5000}{0{,}01} = 57 \text{ дБ}. \qquad (1.22)$$

По телефонным трактам обеспечивается передача более узкого динамического диапазона речи, составляющего 30—40 дБ.

1.5. ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Устройства, преобразующие электрическую энергию в звуковую (акустическую) или звуковую в электрическую, называются *электроакустическими преобразователями.*

В телефонной аппаратуре для передачи речи применяются электроакустические преобразователи различных систем и типов, которые классифицируются по принципу действия и по назначению.

По принципу действия преобразователи делятся на электромагнитные, электродинамические, электростатические (конденсаторные), пьезоэлектрические, угольные, транзисторные. Перечис-

ленные выше системы преобразователей, кроме угольных и транзисторных, могут работать как в качестве микрофонов, так и в качестве телефонов, поэтому они называются обратимыми преобразователями. Угольный, конденсаторный и транзисторный преобразователи требуют для своей работы источник питания электрической энергией и поэтому называются активными.

По назначению преобразователи делятся на передающие: микрофоны и лорингофоны и приемные: телефоны и громкоговорители.

1.6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТЕЛЕФОН И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Принцип действия

Телефон — преобразователь электрических колебаний в звуковые, предназначен для работы в условиях нагрузки на ухо человека. Принцип действия электромагнитного телефона основан на взаимодействии магнитных потоков, создаваемых постоянным магнитом и электромагнитом телефона. Результатом такого взаимодействия является изменение силы, действующей на ферромагнитные мембрану или якорь, жестко связанный с мембраной.

Электромагнитные телефоны выпускаются с простой и дифференциальной магнитными системами. Устройство капсюльного электромагнитного телефона с простой электромагнитной системой показано на рис. 1.14. Все детали помещены в пластмассовый

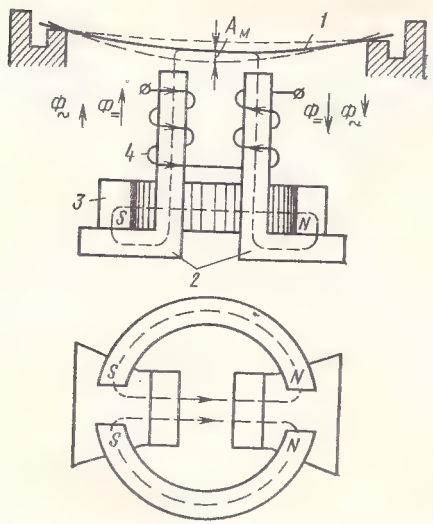


Рис. 1.14. Устройство электромагнитного телефона с простой электромагнитной системой:

1 — мембрана; *2* — полюсные надставки; *3* — два полукольцевых постоянных магнита; *4* — электрообмотка

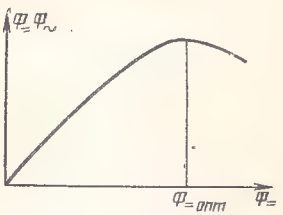


Рис. 1.15. Зависимость произведения магнитных потоков в мембране телефона от постоянного потока в ней

корпус, закрытый крышкой с отверстиями. Мембрана удерживается силой постоянного магнита или дополнительно зажимается крышкой по краю.

В зависимости от направления тока в обмотке переменный магнитный поток либо увеличивает начальную силу притяжения мембраны, либо ее уменьшает. Изменяющаяся сила вызывает колебания мембраны с амплитудой $A_м$, что сопровождается излучением звуковых волн. Поскольку сила притяжения прямо пропорциональна квадрату магнитного потока, для синусоидального тока, протекающего по обмотке телефона, сила, действующая на мембрану, определяется из выражения

$$F = \kappa_п(\Phi_= + \Phi_\sim \sin \omega t)^2, \qquad (1.23)$$

где $\kappa_п = 1/(4\pi S)$ — коэффициент пропорциональности; S — площадь эквивалентного поперечного сечения магнитного потока между концом полюсной надставки и мембраной; $\Phi_=$ — магнитный поток, созданный постоянным магнитом телефона; $\Phi_\sim$ — амплитуда переменного магнитного потока, созданного протекающим по обмотке синусоидальным током. Раскрывая выражение (1.23), получим

$$F = \kappa_п \Phi_=^2 + 2\kappa_п \Phi_= \Phi_\sim \sin \omega t + 0{,}5\kappa_п \Phi_\sim^2 - $$
$$- 0{,}5\,\kappa_п \Phi_\sim^2 \cos 2\omega t. \qquad (1.24)$$

Выражение (1.24) указывает на то, что сила F представляет собой геометрическую сумму трех сил: $F_1 = 2\kappa_п \Phi_= \Phi_\sim \sin \omega t$ и воздействует на мембрану телефона с угловой частотой ω, совпадающей с частотой тока, протекающего по виткам обмотки телефона; $F_2 = 0{,}5\kappa_п \Phi^2_\sim \cos 2\omega t$ приводит к нелинейным искажениям, так как сообщает мембране колебание с удвоенной частотой; $F_3 = 0{,}5\kappa_п \Phi^2_\sim + \kappa_п \Phi^2$ — постоянная сила, обеспечивает прогиб мембраны в сторону постоянных магнитов.

Если $\Phi_= = 0$, то $F = 0{,}5\kappa_п \Phi^2_\sim - 0{,}5\kappa_п \Phi^2_\sim \cos 2\omega t$, т. е. телефон без постоянного магнита возбуждает колебания с удвоенной частотой. Следовательно, постоянный магнит в телефоне необходим для обеспечения преобразования электрической энергии в звуковую с частотой, соответствующей частоте тока, протекающего по обмотке телефона, при минимальных допустимых нелинейных искажениях (2—3%) и получения максимального акустического эффекта, т. е. максимальной чувствительности телефона. Для снижения нелинейных искажений необходимо отношение амплитуд сил F_1 и F_2 сделать как можно большими за счет увеличения магнитного потока постоянного магнита $\Phi_=$. Однако увеличение $\Phi_=$ возможно только до оптимального его значения $\Phi_{=опт}$, при котором произведение магнитных потоков в мембране телефона $\Phi_{=м}\Phi_{\sim м}$ максимально (рис. 1.15), следовательно, максимальны сила F_1 и интенсивность возбуждаемого звукового поля. Поэтому в телефоне применяется постоянный магнит из твердого магнитного материала (альни) с высокой степенью насыщения, а для обеспечения значения $\Phi_{=опт}$ к полюсам постоянного магнита на определенном расстоянии от мембраны прикрепляются полюсные над-

ставки из магнитомягкого материала (пермаллой) определенного сечения.

Дальнейшее увеличение $\Phi_{=м}$ приводит к насыщению мембраны, т. е. к уменьшению магнитной проницаемости, а следовательно, к увеличению сопротивления магнитной цепи для переменного магнитного потока. Произведение $\Phi_{=м}\Phi_{\sim м}$ зависит также от свойств материала мембраны (трансформаторная сталь, пермендюр) и ее толщины. Применение полюсных надставок позволяет

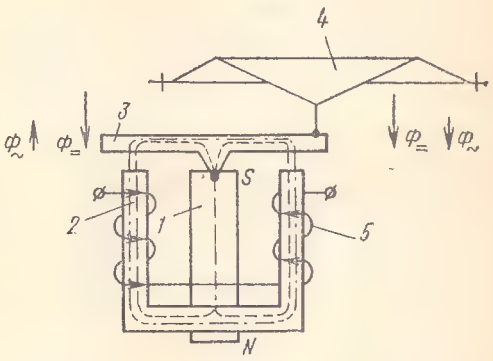


Рис. 1.16. Принцип устройства электромагнитного телефона с дифференциальной электромагнитной системой:

1 — цилиндрический постоянный магнит; *2* — полюсная надставка; *3* — якорь; *4* — мембрана из тонкой латунной фольги; *5* — обмотка

получить оптимальный магнитный поток в мембране, повысить акустический эффект телефона, снизить нелинейные искажения и потери на гистерезис.

На рис. 1.16 показан эскиз электромагнитного телефона с дифференциальной электромагнитной системой. В процессе преобразования энергии якорь находится под воздействием двух сил:

$$F_1 = \kappa_п(\Phi_= + \Phi_\sim \sin\omega t)^2; \quad (1.25)$$

$$F_2 = \kappa_п(\Phi_= - \Phi_\sim \sin\omega t)^2. \quad (1.26)$$

Следовательно, сила, действующая на якорь и приводящая в колебание мембрану, будет являться разностью этих сил:

$$F = F_1 - F_2 = 4\kappa_п \Phi_= \Phi_\sim \sin\omega t. \quad (1.27)$$

Из полученного выражения следует, что в телефоне с дифференциальной электромагнитной системой сила, приводящая в колебание якорь с частотой тока, протекающего по виткам обмотки телефона, больше аналогичной силы, действующей на мембрану телефона с простой электромагнитной системой, и отсутствуют нелинейные искажения, обусловленные удвоенной частотой колебания мембраны.

Конструктивно телефоны с дифференциальной электромагнитной системой сложнее и дороже телефона с простой электромагнитной системой, поэтому они не находят широкого применения в ТА общего назначения.

Электромеханические свойства телефона и его сопротивление

Телефон является нагрузкой телефонного тракта, поэтому его сопротивление определяет электрическую мощность, поступающую в телефон и преобразуемую им. В телефоне, как в обратимом преобразователе, существует связь между механическими и электрическими процессами. Эта связь состоит в том, что при прохождении тока i по его обмотке возникает действующая на мембрану механическая сила F, вызывающая колебания мембраны со скоростью v. Колебания мембраны вызывают изменения магнитного потока в магнитопроводе телефона и возникновение в обмотке телефона противоэлектродвижущей силы e. При этом в телефоне имеет место равенство отношений

$$\frac{F}{i} = \frac{e}{v} = K, \tag{1.28}$$

где K — коэффициент электромеханической связи или коэффициент преобразования. Чем больше K, тем большая доля энергии одного вида превращается в энергию другого вида.

Возникновение противоэлектродвижущей силы в процессе преобразования электрической энергии в звуковую влияет на величину сопротивления телефона $Z_т$. Сопротивление телефона с учетом его электромеханических свойств можно определить путем решения системы линейных уравнений

$$\left.\begin{aligned} F &= M\frac{d^2a}{dt} + R\frac{da}{dt} + Ea; \\ u &= ir + L\frac{di}{dt} + e. \end{aligned}\right\} \tag{1.29}$$

Первое уравнение системы (1.29) представляет собой уравнение динамического равновесия мембраны телефона при рассмотрении ее в качестве некоторого эквивалентного поршня, колеблющегося со скоростью, равной скорости колебания центра мембраны телефона, и вызывающего то же смещение воздуха, что и реальная мембрана телефона. Параметры эквивалентного поршня вычисляются по параметрам реальной мембраны [25]. Первое уравнение системы (1.29) показывает, что сила, действующая на мембрану телефона и вызывающая смещение ее на величину a, преодолевает реакции приведенных массы M, сопротивления трения R и упругости E. Пользуясь равенством (1.28) и решив систему уравнений (1.29), можно получить выражения для сопротивления телефона $Z_т$ при колеблющейся мембране:

$$Z_т = r + i\omega L + \frac{K^2}{R + i\dfrac{\omega^2 M - E}{\omega}}; \tag{1.30}$$

$$Z_т = Z_{т.з} + Z_к, \tag{1.31}$$

где $Z_{т.з} = r + i\omega L$ — сопротивление телефона при заторможенной

мембране; $Z_к = \frac{K^2}{R_м + i\frac{\omega^2 M - E}{\omega}} = \frac{K^2}{Z_м}$ — сопротивление телефона, обусловленное колебанием мембраны (колебательное сопротивление); $Z_м = R_м + i\frac{\omega^2 M - E}{\omega}$ — механическое сопротивление.

Колебательное сопротивление $Z_к$ является электрическим эквивалентом реакции механической системы телефона. Оно зависит от объема воздуха, в котором происходит излучение, и от свойств среды, заполняющей этот объем. Электрическая мощность, потребляемая сопротивлением $Z_к$, является той частью общей мощности, которая потребляется телефоном от электрической цепи, преобразуется им в мощность механическую и расходуется как в акустической нагрузке преобразователя, так и в его механической системе. Механическое сопротивление $Z_м$ — это сопротивление, которое преодолевает сила, приводящая в колебание мембрану телефона.

Зависимость сопротивления телефона от частоты при заторможенной $Z_{т.з}$ и колеблющейся $Z_т$ мембранах показана на комплексной плоскости рис. 1.17.

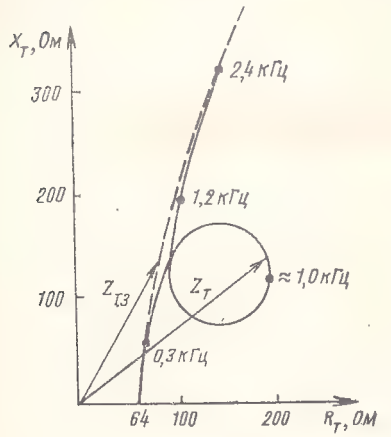


Рис. 1.17. Зависимость сопротивления телефона от частоты при заторможенной *1* и колеблющейся *2* мембране

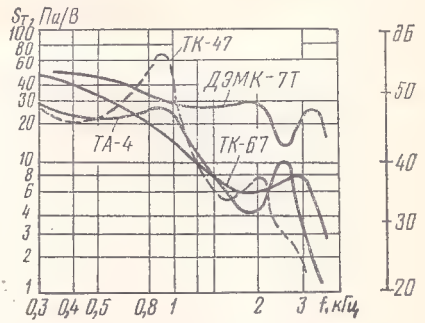


Рис. 1.18. Частотные характеристики чувствительности телефонов

Частотные характеристики чувствительности телефонов

Чувствительность телефона и ее частотная характеристика относятся к эксплуатационным параметрам телефона. Качество телефона как преобразователя электрической энергии в звуковую характеризуется чувствительностью — отношением величины звукового давления P, развиваемого телефоном в камере искусствен-

ного уха, к величине действующего значения переменного напряжения $U_т$, приложенного к его зажимам, измеряемого в паскалях на вольт (Па/В):

$$S_т = P/U_т. \tag{1.32}$$

Искусственное ухо — прибор, имитирующий среднюю акустическую нагрузку на телефон, создаваемую ухом человека. Зависимость чувствительности телефона от частоты при постоянной величине действующего значения переменного напряжения на его зажимах называется *частотной характеристикой чувствительности телефона*. Частотная характеристика резонансных телефонов отличается значительной неравномерностью в области частот преобразуемых колебаний. Частотные характеристики нерезонансных телефонов равномерны в широкой полосе частот.

На рис. 1.18 показаны частотные характеристики телефонов ТК-47, ДЭМК-7Т, ТА-4 и ТК-67. Наибольшую неравномерность имеет характеристика старого капсюля ТК-47. Неравномерность характеристик обусловлена резонансом мембраны телефона, так как частота ее собственных колебаний находится в диапазоне 700—1000 Гц, и резонансом масс воздуха в акустических резонаторах акустической системы телефона.

Неравномерность частотной характеристики, измеряемая в децибелах, обусловливает амплитудно-частотные искажения, величина которых оценивается коэффициентом неравномерности частотной характеристики чувствительности телефона:

$$\Delta S_т = 20 \lg \frac{S_{т.макс}}{S_{т.мин}} \tag{1.33}$$

где $S_{т.макс}$ и $S_{т.мин}$ — максимальная и минимальная чувствительности для заданного диапазона частот f_1—f_2.

Для сравнения телефонов одного типа пользуются понятием средней чувствительности в заданном диапазоне частот:

$$S_{т.ср} = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} S_т df \tag{1.34}$$

или

$$S_{т.ср} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} S_{т\,i}, \tag{1.35}$$

где n — число частот, на которых проводилось измерение $S_т$.

Величина средней чувствительности телефона не учитывает сопротивления телефона и не позволяет сравнить его с другими типами телефонов по потребляемой им мощности из электрической цепи. Для сравнения телефонов с учетом потребляемой ими мощности качество последних обычно оценивают приведенной чувствительностью. *Приведенная чувствительность* телефона — это чув-

ствительность, которую имел бы телефон, если бы модуль его входного сопротивления был равен 600 Ом при той же потребляемой мощности. Поэтому $U^2_{пр}/600 = U^2_т/|Z_т|$. Так как $U_{пр} = P/S_{т.пр}$ и $U_т = P/S_т$, то $P^2/S^2_{т.пр}600 = P^2/S^2_т|Z_т|$, откуда

$$S_{т.пр} = S_т\sqrt{\frac{|Z_т|}{600}}. \qquad (1.36)$$

Средняя приведенная чувствительность $S_{пр.ср}$ определяется по ф-лам (1.34), (1.35).

Качество телефона оценивается величинами $S_{т.ср}$ и $\Delta S_т$. Для увеличения $S_{т.ср}$ размеры мембраны и материал для ее изготовления выбирают так, чтобы частота ее собственных колебаний находилась в диапазоне передаваемых частот. Для выравнивания частотной характеристики чувствительности телефона в его механико-акустическую систему вводят акустическую перегородку, которая делит на две части объем воздуха под мембраной.

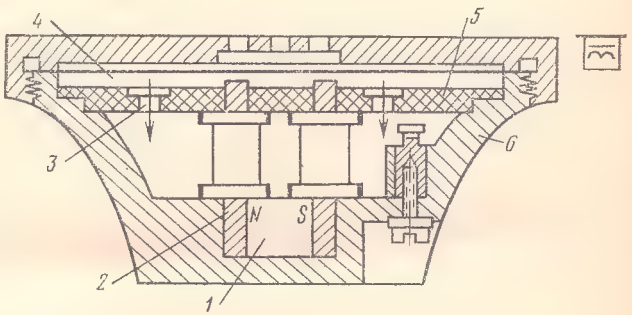


Рис. 1.19. Капсюльный телефон типа ТК-67:

1 — постоянный магнит; *2* — полюсные надставки; *3* — отверстия в акустической перегородке; *4* — мембрана; *5* — акустическая перегородка; *6* — пластмассовый корпус с крышкой

Акустическая перегородка *5* имеет форму диска с двумя отверстиями *3*, затянутыми шелком, и двумя отверстиями для полюсных надставок *2*. Она изготавливается из пластмассы и кладется в специальный паз корпуса телефона таким образом, чтобы полюсные надставки немного выступали над ней. Благодаря применению этой перегородки чувствительность телефона на частоте собственных колебаний мембраны резко снижается, а чувствительность в области низких и высоких частот несколько возрастает, что приводит к выравниванию частотной характеристики, т. е. к уменьшению $\Delta S_т$. Это происходит потому, что объем воздуха между мембраной и акустической перегородкой совместно с воздухом, колеблющимся в отверстиях акустической перегородки, демпфирует колебание мембраны на резонансной частоте.

Акустическое корректирование понижает величину $S_{т.ср}$, поэтому акустическая коррекция применяется в телефонах с высокой средней чувствительностью, которую можно получить при изготовлении телефона из более качественных материалов. Это, в свою очередь, увеличивает стоимость телефона. На рис. 1.19 при-

веден эскиз телефона ТК-67, в котором применен корректирующий диск (акустическая перегородка) *5*.

В настоящее время в эксплуатации с простой электромагнитной системой находятся телефоны ТА-4, ТК-67, с дифференциальной ДЭМК-7Т, основные характеристики которых приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕФОНОВ

Тип	Диапазон частот, кГц	Средняя чувствительность $S_{т.ср}$, Па/В	Неравномерность $\Delta S_т$, дБ
ТА-4	0,3—3,0	6	14
ТК-67	0,3—3,5	15	20
ДЭМК-7Т	0,3—3,5	22	8

1.7. УГОЛЬНЫЙ МИКРОФОН И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Принцип действия

Угольный микрофон — необратимый активный преобразователь звуковых колебаний в электрические. Принцип его действия основан на свойстве угольного порошка изменять сопротивление электрическому току в зависимости от величины давления на порошок, вызывающего его уплотнение и разрыхление. Устройство угольного микрофона и включение его в электрическую цепь представлены на рис. 1.20.

При отсутствии звуковых колебаний мембрана микрофона находится в состоянии покоя, а в цепи микрофона под воздействием

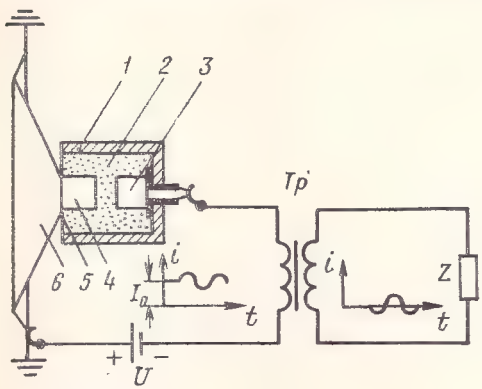


Рис. 1.20. Устройство угольного микрофона:
1 — корпус угольной ячейки; *2* — угольный порошок; *3* — неподвижный электрод; *4* — подвижный электрод; *5* — полистироловое кольцо; *6* — мембрана

напряжения U протекает постоянный ток питания микрофона I_0. При разговоре перед мембраной микрофона образуется звуковое поле, переменное звуковое давление которого действует на мем-

брану микрофона. При увеличении давления на мембрану последняя прогибается в сторону угольного порошка, сжимает его, уменьшает сопротивление, вследствие чего ток в цепи микрофона возрастает. При уменьшении давления на мембрану происходят разрыхление угольного порошка, увеличение сопротивления микрофона и уменьшение тока в его цепи. Таким образом, вследствие колебаний мембраны микрофона в первичной обмотке трансформатора будет протекать изменяющийся по величине и постоянный по направлению ток, который называется пульсирующим. Переменная составляющая этого тока во вторичной обмотке трансформатора наводит переменную электродвижущую силу (ЭДС) звуковой частоты, наличие которой приводит к появлению тока в в цепи нагрузочного сопротивления Z. Угольный микрофон может преобразовывать звуковые колебания в электрические только при условии питания его от источника постоянной ЭДС.

Сопротивление угольного микрофона

Сопротивление угольного микрофона зависит от его состояния (статического при отсутствии звукового давления или динамического при его наличии), величины тока питания микрофона, положения микрофона в пространстве, конструкции угольной ячейки микрофона, сорта угольного порошка и расстояния между электродами.

В простейшем случае при воздействии на микрофон гармонического звукового колебания в условиях линейной зависимости сопротивления угольного порошка от изменения звукового давления сопротивление микрофона в динамическом состоянии

$$R_м = R_д \pm r_м \sin \omega t, \qquad (1.37)$$

где $r_м$ — амплитуда переменной составляющей сопротивления микрофона; $R_д$ — среднее значение сопротивления микрофона в динамическом состоянии.

Изменение сопротивления микрофона под действием звуковой волны представлено на рис. 1.21. Видно, что переход из статического $R_с$ в динамическое состояние $R_м$ происходит за время неустановившегося процесса t_0, равного нескольким миллисекундам. Это приводит к увеличению сопротивления микрофона примерно на 20—30%. Через t_0 сопротивление микрофона достигает своего среднего значения $R_д$, относительно которого происходит изменение сопротивления микрофона в динамическом состоянии. Увеличение сопротивления микрофона в динамическом состоянии объясняется разрушением контактных «мостиков» между зернами угольного порошка. В статическом состоянии микрофона сопротивление его практически также не остается постоянным, а претерпевает нерегулярные изменения, вызываемые непрерывным изменением контактных мостиков между угольными зернами порошка. Это приводит к образованию ЭДС собственного шума микрофона величиной 0,05—0,5 мВ. Электродвижущая сила собственного шума

микрофона возрастает с увеличением статического сопротивления R_c и тока питания микрофона I_0.

Зависимость сопротивления микрофона от тока питания в статистическом и динамическом состояниях имеет падающий характер (рис. 1.22), так как уголь имеет отрицательный температур-

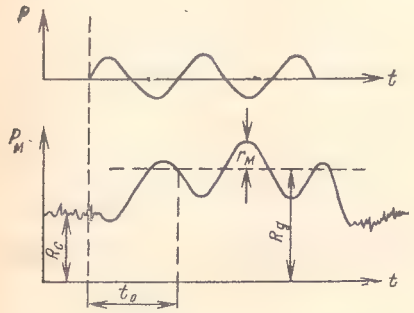


Рис. 1.21. Сопротивление микрофона в статическом и динамическом режимах

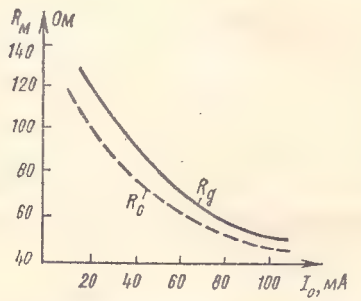


Рис. 1.22. Зависимость сопротивлений R_c и $R_д$ среднеомного микрофона от тока питания

ный коэффициент. Другой причиной является образование при увеличении температуры контактных мостиков с пониженным сопротивлением. При больших токах питания может произойти спекание зерен и микрофон выйдет из строя.

Зависимость сопротивления микрофона от положения в пространстве оценивается коэффициентом обрывности

$$K_{об} = \frac{R_{м\,\alpha=0°}}{R_{м\,\alpha=90°}}, \qquad (1.38)$$

где $R_{м\,\alpha=0°}$ — сопротивление микрофона в горизонтальном положении; $R_{м\,\alpha=90°}$ — то же, в вертикальном положении. Для микрофона МК-10 $K_{об} \leqslant 5$, для МК-16-Т $K_{об} \leqslant 1{,}5$. Коэффициент обрывности снижается путем утапливания подвижных электродов в ячейке с угольным порошком.

Сорт угольного порошка также влияет на величину сопротивления микрофона, которое, в свою очередь, определяет его маркировку (табл. 1.2). Применяется угольный порошок двух сортов с диаметром зерен $d_з = 0{,}2$ и $0{,}35$ мм.

Диаметр зерен порошка выбирают с учетом величины постоянного напряжения, приложенного к микрофону $U_м$, и величины тока питания I_0 при соблюдении установленных норм качества передачи речи. Нижний предел I_0 определяется минимально допустимыми чувствительностью и ЭДС микрофона, верхний — максимально допустимым уровнем собственного шума микрофона. Собственный шум угольного микрофона почти не оказывает влияния на качество передачи при напряжении, приходящемся на одно зерно угольного порошка в цепи между электродами $U_1 \leqslant 1$ В.

Таблица 1.2

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ МИКРОФОНА ОТ СОРТА УГОЛЬНОГО ПОРОШКА

Маркировка микрофона	R, Ом	I_0, мА	$d_э$, мм	Область применения
Низкоомный (НО)	30—65	20—80	0,35	В аппаратах МБ
Среднеомный (СО)	65—145	25—60	0,2	В аппаратах ЦБ на линиях до 6 км
Высокоомный (ВО)	145—300	12—25	0,2	В аппаратах ЦБ на линиях свыше 6 км

Сопротивление микрофона зависит от расстояния между электродами, которое примерно равно 1,4 мм.

Пример. Телефонный аппарат ТА удаленного абонента включен на телефонную станцию ТС через абонентскую линию с сопротивлением $R_л=2$ кОм. Микрофон получает питание от центральной батареи ЦБ, установленной на ТС, через обмотки питающих реле $ПР$ с сопротивлением 500 Ом каждая и $R_л$. Номинальное напряжение ЦБ $U=60$ В при допустимом колебании в пределах 58—66 В. С каким сопротивлением микрофон обеспечит качественную передачу речи, если для его зарядки использован порошок с $d_э=0{,}2$ мм, а расстояние между электродами микрофона $l=1{,}4$ мм?

1) Если микрофон будет иметь сопротивление $R_м=100$ Ом, то для поставленных условий:

$$I_{0\,мин}=\frac{U_{мин}}{R_м+R_л+R_{пр}}=\frac{58}{100+2000+2\cdot500}=$$

$$=\frac{58}{3111}=0{,}0187\ А;$$

$$U_1=\frac{I_{0\,макс}P_м}{n}=\frac{0{,}0213\cdot100}{7}=0{,}3\ В;$$

$$n=l/d_э=1{,}4/0{,}2=7,$$

где n — число зерен между электродами.

Среднеомный микрофон с $R_м=100$ Ом в заданных условиях использовать нельзя, так как он будет развивать незначительную ЭДС ($I_{0\,мин}=0{,}0187$ А$<$ $<0{,}025$ А) и не обеспечит необходимое качество передачи речи, несмотря на то, что $U_1=0{,}30$ В<1 В и ЭДС собственного шума микрофона мала

2) Если $R_м=300$ Ом, то $I_{0\,мин}=0{,}0176$ А и $U_1=0{,}86$ В. В этом случае высокоомный микрофон с $R_м=300$ Ом обеспечит заданное качество передачи речи, так как $I_{0\,мин}=0{,}0176$ А$>0{,}012$ А и $U_1=0{,}86$ В<1 В.

Электродвижущая сила микрофона

На рис. 1.23 показана электрическая схема, в которой работает микрофон, нагруженный сопротивлением $R_м$, и находится под действием синусоидального изменяющегося звукового давления $p=P_м\sin\omega t$. Ток в микрофонной цепи

$$i=\frac{U}{R_н+R_м}=\frac{U}{R_н+R_д-r_м\sin\omega t}. \qquad (1.39)$$

Если обозначить $R=R_н+R_д$ и $m=r_м/R$, то

$$i=\frac{U}{R}(1-m\sin\omega t)^{-1}. \qquad (1.40)$$

Величина m называется *коэффициентом модуляции*, который зависит от чувствительности микрофона и от интенсивности звука, действующего на его мембрану.

Разлагая выражение (1.40) в степенно́й ряд, получим

$$i=\frac{U}{R}(1+m\sin\omega t+m^2\sin^2\omega t+m^3\sin^3\omega t+\cdots). \qquad (1.41)$$

Отсюда видно, что микрофон в процессе преобразования энергии вносит в тракт передачи нелинейные искажения (15—20%). Для снижения нелинейных искажений необходимо, чтобы $r_м$ было ма-

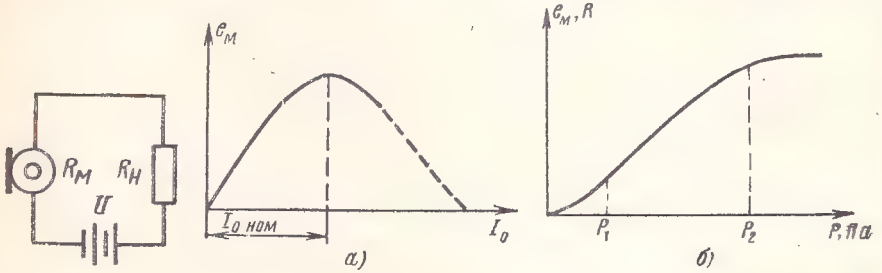


Рис. 1.23. Схема включения микрофона на активную нагрузку

Рис 1.24. Зависимость ЭДС микрофона от тока питания (*а*) и звукового давления (*б*)

ло по сравнению с величиной $R=R_н+R_д$, т. е. $m<1$. Громкий разговор увеличивает коэффициент модуляции, но снижает разборчивость речи. Для современных микрофонов $m\approx0{,}2$, поэтому

$$i=\frac{U}{R}(1+m\sin\omega t)=\frac{U}{R}+\frac{U}{R}m\sin\omega t=I_0+$$

$$+I_0\frac{r_м}{R}\sin\omega t. \qquad (1.42)$$

Второе слагаемое в выражении (1.42) является переменной составляющей тока микрофонной цепи и позволяет определить ЭДС микрофона.

Электродвижущая сила микрофона $e_м$ определяется как

$$e_м=RI_0\frac{r_м}{R}\sin\omega t=I_0 r_м\sin\omega t. \qquad (1.43)$$

Из выражения (1.43) видно, что величина $e_м$ пропорциональна величине тока питания I_0 и амплитуде переменной составляющей сопротивления микрофона $r_м$, которое, в свою очередь, зависит от звукового давления (рис. 1.24 *а* и *б*).

Для получения значительной величины $e_м$ в среднеомных микрофонах необходимо увеличить I_0. Такую же по величине $e_м$ в высокоомных микрофонах можно получить при меньшем I_0. При небольших звуковых давлениях ЭДС микрофона меняется незначительно вследствие небольшого изменения сопротивления $r_м$ угольного порошка. Величина звукового давления $P_1 = 0{,}003$ Па, при котором ЭДС начинает возрастать прямо пропорционально звуковому давлению, называется порогом чувствительности микрофона. Верхний предел звукового давления $P_2 = 10$ Па, при котором ЭДС микрофона практически перестает расти, характеризует перегрузку микрофона.

Микрофон не только преобразует энергию, но и является усилителем мощности с коэффициентом усиления по мощности, равным отношению $W_{\sim э}/W_{зв}$, где числитель есть средняя мощность, отдаваемая микрофоном в согласованную нагрузку, равная 1 мВт $= 10^{-3}$ Вт, а знаменатель — средняя мощность звуковых колебаний, действующих на мембрану микрофона, равная 1 мкВт $= 10^{-6}$ Вт.

Мощность $W_{\sim э}$ рассчитывается в соответствии со схемой рис. 1.23 при $R_н = R_д$ и $i_\sim = I_0 m \sin \omega t$ [см. ф-лу (1.42)] по формуле

$$W_{\sim э} = I_0^2 m^2 R_д / 2 = 0{,}5 W_0 m^2, \qquad (1.44)$$

где $W_0 = I^2_0 R_д$ — мощность, потребляемая микрофоном от источника питания. Полученное выражение справедливо и при работе микрофона на несогласованную нагрузку, т. е. для $R_н \neq R_д$. В современных телефонных аппаратах при средней громкости разговора отдаваемая микрофоном в нагрузку мощность составляет 0,5—2 мВт.

Частотные характеристики чувствительности микрофона

Чувствительностью микрофона называется отношение действующего значения ЭДС $E_м$, В, развиваемой микрофоном, к звуковому давлению P, Па, действующему на его мембрану и измеренному в той точке поля, в которой помещен микрофон

$$S_м = E_м / P. \qquad (1.45)$$

Зависимость чувствительности микрофона от частоты при постоянной величине звукового давления называется *частотной характеристикой чувствительности микрофона* (рис. 1.25). Частотные характеристики микрофонов имеют неравномерный характер, обусловленный резонансными свойствами отдельных элементов микрофона. Максимальная чувствительность на частоте 1200—

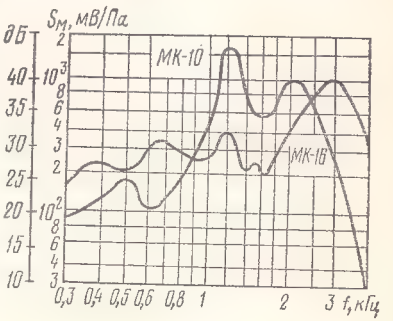


Рис. 1.25. Частотные характеристики чувствительности микрофонов

1600 Гц возникает вследствие совпадения частоты звуковых колебаний с собственной частотой колебания мембраны. Для обеспечения же относительно равномерного прохождения частот разговорного спектра микрофоны и телефоны конструируют таким образом, чтобы в диапазоне передаваемых частот минимальным значениям чувствительности телефона соответствовали бы максимальные значения чувствительности микрофона. Коэффициент неравномерности частотной характеристики чувствительности микрофона, дБ,

$$\Delta S_{\text{м}} = 20 \lg \frac{S_{\text{м.макс}}}{S_{\text{м.мин}}}, \tag{1.46}$$

где $S_{\text{м.макс}}$ и $S_{\text{м.мин}}$ — соответственно максимальная и минимальная чувствительности микрофона в заданном диапазоне частот. Микрофоны характеризуются средней чувствительностью в заданном диапазоне частот $f_1 - f_2$:

$$S_{\text{м.ср}} = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} S_{\text{м}} df. \tag{1.47}$$

Для сравнения микрофонов вводится понятие *приведенной чувствительности*, т. е. чувствительности, которую имел бы микрофон при внутреннем сопротивлении 1 Ом и сохранении отдаваемой мощности.

С учетом сказанного можно записать

$$E_{\text{м}}^2 / R_{\text{д}} = E_{\text{м.пр}}^2 / 1. \tag{1.48}$$

Поскольку $E_{\text{м}} = S_{\text{м}} P$, а при $P = 1$ $E_{\text{м}} = S_{\text{м}}$,

$$S_{\text{м}}^2 / R_{\text{д}} = S_{\text{м.пр}}^2, \tag{1.49}$$

откуда

$$S_{\text{м.пр}} = S_{\text{м}} / \sqrt{R_{\text{д}}}. \tag{1.50}$$

В табл. 1.3 приводятся параметры микрофонов некоторых типов.

Таблица 1.3

ПАРАМЕТРЫ УГОЛЬНЫХ МИКРОФОНОВ

Тип	Диапазон частот, кГц	Средняя чувствительность, мВ/Па	Неравномерность, дБ
МК-10	0,3—3,5	0,25—0,3	34,5
МК-16	0,3—4,0	0,45—0,55	12—15

Качество угольного микрофона можно улучшить снижением нестабильности его параметров во времени и зависимости сопротивления микрофона $R_{\text{м}}$ от положения его в пространстве, герметизацией угольного порошка, уменьшением амплитудно-частотных и нелинейных искажений. Сказанное достигается улучшением каче-

ства угольного порошка, подбором размеров и формы электродов и ячейки, совершенствованием акустической системы микрофона. Частотная характеристика чувствительности микрофона выравнивается путем улучшения акустической системы микрофона. Для усиления звуковых колебаний в той или иной области частот микрофон снабжается рупором. Перечисленные выше методы улучшения качества микрофона отражены в конструкции микрофона МК-16, эскиз которого представлен на рис. 1.26.

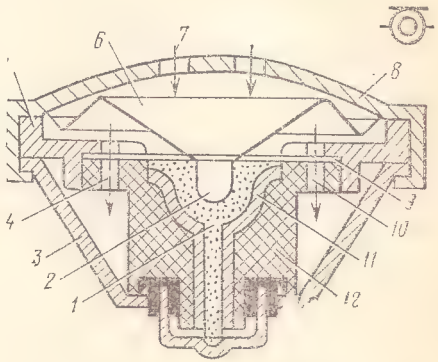


Рис. 1.26. Эскиз микрофона МК-16

1 — угольный порошок; *2* — подвижный электрод; *3* — корпус; *4*, *10* — отверстия; *5* — фигурное кольцо; *6* — мембрана; *7* — отверстия в защитной крышке; *8* — защитная крышка; *9* — полистироловая шайба; *11* — неподвижный электрод; *12* — пластмассовый держатель

Угольный микрофон широко применяется для телефонной передачи речи, так как имеет сравнительно низкую стоимость, простое устройство и обладает способностью усиливать колебания. Однако наряду с этими ценными свойствами угольный микрофон имеет недостатки: нестабильность характеристик во времени, значительные нелинейные и частотные искажения, вносимые микрофоном в тракт передачи, зависимость параметров микрофона от его положения в пространстве, спекание и гигроскопичность зерен угольного порошка.

1.8. ТЕЛЕФОННЫЕ АППАРАТЫ

Классификация телефонных аппаратов

Телефонные аппараты классифицируются по назначению, по способу электропитания микрофонов, по способу обслуживания вызовов, поступающих на станцию от ТА, по конструкции и по схеме включения разговорных приборов в ТА.

По назначению ТА делятся на аппараты общего и специального назначения. К первым относятся аппараты общего пользования и таксофоны, ко вторым — аппараты специального назначения — корабельные (влагонепроницаемые), шахтные (взрывобезопасные), военно-полевые, ТА для группового включения, ТА с запоминающим устройством для возможности сокращенного набора номера, ТА с громкоговорителем и др. К *телефонным* аппаратам общего назначения предъявляются следующие основные требова-

ния: высокое качество приема и передачи речи, прочность, надежность, удобство пользования, невысокая стоимость, технологичность при производстве.

По способу электропитания микрофонов ТА подразделяются на аппараты системы местной батареи — ТА МБ (батарея электропитания напряжением $U_{МБ}=3$ В размещается либо внутри корпуса ТА, либо поблизости от него) и аппараты системы центральной батареи — ТА ЦБ, в которых микрофон получает питание по проводам абонентской линии от центральной батареи, размещаемой на телефонной станции ($U_{ЦБ}=24$, 48, 60 В). Находят также применение, главным образом для связи в полевых условиях, безбатарейные ТА, в которых угольный микрофон заменяется электромагнитным.

По способу обслуживания вызовов, определяемому типом телефонных станций, ТА подразделяются на аппараты ручных телефонных станций ТА РТС и автоматических телефонных станций ТА АТС.

По конструкции ТА подразделяются на стационарные (настольные, настенные) и переносные.

По способу включения разговорных приборов телефонные аппараты классифицируются на ТА с постоянной схемой (микрофон и телефон постоянно включены в линию во время разговора) и ТА с переменной схемой (микрофон включается в линию только при передаче, а телефон — только при приеме речи). Так включаются разговорные приборы в некоторых ТА специального назначения. Телефонные аппараты с постоянными схемами делятся на ТА с местным эффектом и без него (противоместные схемы). *Местным эффектом* называется явление прослушивания своего разговора и шумов помещения в телефоне своего ТА.

Основные приборы телефонного аппарата

В телефонных аппаратах общего назначения главным образом применяют угольные микрофоны и электромагнитные телефоны. Конструкция микротелефонной трубки обеспечивает такое расстояние между ртом говорящего и микрофоном, которое способствует повышению мощности, отдаваемой микрофоном нагрузке, и снижению влияния шумов помещения на качество передачи и приема речи. Микротелефонная трубка со схемой ТА соединяется трехпроводным или четырехпроводным шнуром. Кроме микрофона и телефона, к разговорным приборам относятся телефонный трансформатор с замкнутым магнитопроводом стержневого или броневого типа. Назначение телефонного трансформатора состоит в том, чтобы отделить цепь питания микрофона от цепи переменного тока телефона, поскольку наличие постоянного тока в цепи телефона может привести к насыщению магнитной системы телефона или к ее размагничиванию, т. е. к уменьшению его чувствительности. Затухание, вносимое трансформатором в телефонный тракт, не должно превышать 0,44 дБ

при частоте 800 Гц. Применение телефонного трансформатора позволяет увеличить дальность действия телефонной связи.

Помимо разговорных приборов, каждый телефонный аппарат содержит вызывные приборы, с помощью которых осуществляются посылка и прием вызова. Прибором, воспринимающим вызов, является поляризованный звонок переменного тока (рис. 1.27).

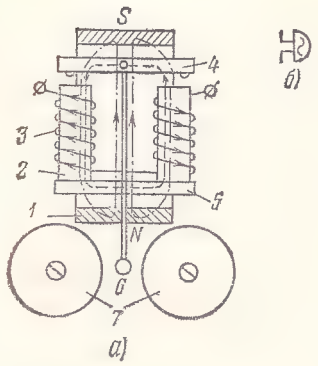


Рис. 1.27. Устройство звонка переменного тока:

1 — постоянный магнит; *2* — две полюсные надставки; *3* — катушки с обмотками; *4* — якорь; *5* — стальная скоба (основание); *6* — бойкодержатель с бойком; *7* — звонковые чашки

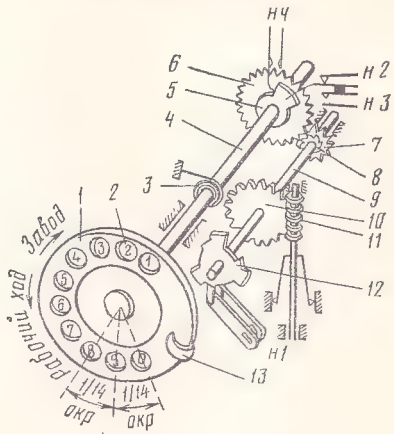


Рис. 1.28. Устройство дискового номеронабирателя

Звонок преобразует электрический ток частотой 25 Гц в акустические колебания. Магнитная система и принцип действия поляризованного звонка переменного тока аналогичны магнитной системе и принципу действия электромагнитного телефона с дифференциальной магнитной системой (см. рис. 1.16) с той лишь разницей, что притяжения якоря то к одному, то к другому сердечнику сопровождаются ударами бойка о звонковые чашки. При этом сила, действующая на якорь, будет определяться из выражения (1.27).

Ток чувствительности звонка лежит в пределах 2—3 мА. Обычно звонок регулируется на частоту вызывного тока $f=25$ Гц.

Номеронабиратель предназначен для формирования сигналов адресной информации о вызываемой абонентской линии, различных службах телефонной сети, которые передаются на АТС для автоматического управления установлением соединения. Принцип устройства дискового номеронабирателя *НД* представлен на рис. 1.28. Номеронабиратель состоит из заводного диска *1* с отверстиями и неподвижного диска *2*, на котором нанесены цифры 1, 2, ..., 9, 0 под соответствующими отверстиями диска *1*. На оси *4* диска *1* укреплены конец возвращающей спиральной пружины *3*,

сегмент *5* для переключения пружин контактных групп *н2—н4* и шестеренка *6*. На второй оси *9* размещены шестеренка *7* с собачкой, храповое колесо *8*, шестеренка *10* и импульсная палетка *12*, служащая для размыкания контактов *н1*. Шестеренка *10* служит для передачи вращения центробежному регулятору скорости *11*.

При повороте диска *1* заводится пружина *3*, ось *9* при этом остается неподвижной, так как собачка скользит по зубцам храпового колеса *8*, скрепленного с осью *9*. После того как абонент, доведя палец до упора *13*, отпустит диск, последний под действием пружины *3* возвращается в исходное положение. При этом приходит в движение ось *9*, так как теперь собачка упирается в зубцы храпового колеса. Центробежный регулятор обеспечивает постоянство скорости вращения оси *9*. Палетка *12* при вращении вместе с осью *9* попеременно размыкает и замыкает импульсный контакт *н1*.

При обратном ходе диска палетка производит на два размыкания больше. Два последних размыкания шунтируются при помощи контакта *н2*, который размыкается при заводе диска *1* и замыкается после создания нужного числа размыканий, что достигается при помощи сегмента *5*. Таким образом, интервал времени (межсерийное время) между двумя последовательными наборами цифр удлиняется и составляет примерно 700 мс. При последовательном наборе подряд двух или более единиц межсерийное время равно примерно пяти периодам следования импульсов, вследствие чего обеспечивается устойчивая работа коммутационных приборов АТС.

Для шунтирования во время набора номера схемы разговорной части ТА и обмотки телефона в номеронабирателе предусмотрены шунтирующие контакты *н3* и *н4*. Контакт *н3* исключает влияние реактивных элементов схемы ТА на работу импульсного реле АТС. Контакт *н4* замыкается несколько раньше, чем контакт *н3*, а размыкается несколько позже, что исключает влияние на телефон нестационарных процессов, возникающих при шунтировании и снятии шунта схемы ТА.

Номеронабиратель надежно работает, если он выдерживает без регулировки и замены деталей 100 млн. заводов пальцевого диска от цифры «0» до упора. Номеронабиратель должен обеспечивать стабильность частоты посылки импульсов и постоянное соотношение между временем размыкания $t_р$ и временем замыкания $t_з$ импульсной цепи (абонентского шлейфа). Во всех системах номеронабирателей частота посылки импульсов равна 10 импульсам в секунду с колебаниями $\pm 10\%$ (9—11 импульсов в секунду). Отношение времени размыкания ко времени замыкания импульсных контактов называется импульсным коэффициентом $K = t_р/t_з$. В отечественных номеронабирателях импульсный коэффициент принимается равным 1,4—1,7.

Для удобства абонента и экономии его времени при наборе номера, а также повышения использования коммутационных при-

боров АТС разработаны и выпускаются ТА с кнопочным номеронабирателем.

Кнопочный номеронабиратель *НК* обеспечивает передачу адресной информации на АТС при нажатии кнопок. Для передачи адресной информации с кнопочного номеронабирателя используются различные способы передачи сигналов: импульсный, гальванический и частотный. В первом случае формируются импульсы и паузы различной продолжительности. При гальваническом способе изменяется сопротивление абонентской линии путем шунтирования контактами кнопок соответствующих резисторов и диодов, размещаемых в телефонном аппарате, а в приемном устройстве АТС устанавливаются группы реле, рассчитанных на различные токи срабатывания. В перспективных ТА будет применяться многочастотный способ, при котором используются сигналы различных частот разговорного спектра. Число частот определяется типом выбранного кода.

Для частотного способа передачи адресной информации МККТТ рекомендует двухгрупповой код. В ТА с кнопочным номеронабирателем (рис. 1.29) устанавливаются два транзисторных

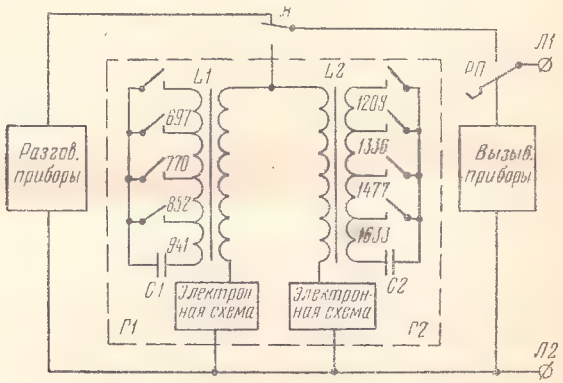


Рис. 1.29. Структурная схема ТА с кнопочным номеронабирателем

генератора *Г1* и *Г2* с самовозбуждением. Значение посылаемых частот достигается изменением индуктивности или индуктивности и емкости, указанных на схеме и в табл. 1.4 колебательных контуров генераторов при нажатии соответствующих кнопок номеронабирателя. Посылка в линию двух частот (по одной из каждой группы) обеспечивается нажатием одной из десяти кнопок (*1—0*). Кнопка действует на металлический стержень с выступами, которые замыкают контакт номеронабирателя *н* и два контакта, по одному в цепи каждого генератора.

Частоты выбраны в диапазоне выше 500 и ниже 2000 Гц, что обеспечивает лучшую защиту приемников от разговорных токов и меньшее переходное влияние между телефонными трактами.

Двухгрупповой код позволяет создать максимум 16 сигналов, из которых пока используются 10. Две комбинации частот, выби-

Таблица 1.4

ЗАВИСИМОСТЬ КОМБИНАЦИИ ЧАСТОТ ОТ НОМЕРА КНОПКИ

Вторая группа частот, Гц	Первая группа частот, Гц			
	1209	1336	1477	1633
697	*1*	*2*	*3*	Резервные комбинации частот
770	*4*	*5*	*6*	
852	*7*	*8*	*9*	
941	*X*	*0*	*Y*	

раемые нажатием кнопки *X* или *Y*, являются вспомогательными и могут использоваться, например, при выходе на междугородную станцию *X* и для подключения к ЭВМ вычислительных центров *Y*.

Опыт пользования кнопочным номеронабирателем показал, что на передачу одной цифры в среднем затрачивается примерно 0,75 с, в то время как в дисковом номеронабирателе — 1,5 с. Уменьшение времени передачи адресной информации имеет существенное значение при большой значности абонентских номеров. Уменьшение времени повышает производительность труда операторов, которые по роду своей деятельности должны часто производить вызовы с телефонного аппарата. Выпускаются ТА, в которых устанавливаются дисковый и кнопочный номеронабиратели, а также комплект программирующего устройства. В этом комплекте запрограммированы номера часто вызываемых абонентов. Телефонный аппарат с программирующим устройством, например «Элетап», позволяет запрограммировать 60 номеров значностью до 8 каждый.

Местный эффект и его влияние на качество телефонной связи

Принципиальные схемы аппаратов МБ и ЦБ с местным эффектом приведены соответственно на рис. 1.30 *а, б*.

Схема вызывной части аппарата системы ЦБ отличается от аналогичной части схемы аппарата системы МБ тем, что посылка

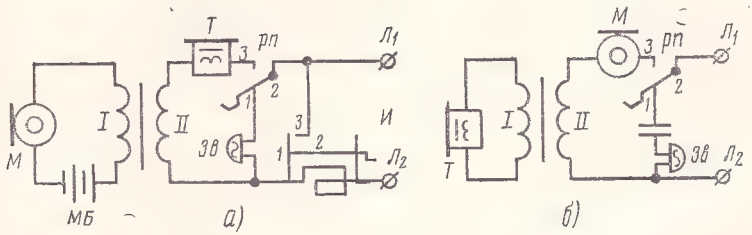


Рис. 1.30. Принципиальные схемы ТА с местным эффектом:
а) ТА МБ; *б)* ТА ЦБ

сигнала вызова на станцию с аппарата МБ осуществляется сигналом переменного тока, посылаемым от индуктора *И*. Схема разговорной части ТА ЦБ отличается от схемы ТА МБ тем, что микрофон в ТА ЦБ включен последовательно со вторичной обмоткой трансформатора, а телефон — с первичной.

Характерная особенность телефонных аппаратов с местным эффектом состоит в том, что звуки речи говорящего перед микрофоном и окружающие шумы заметно прослушиваются в телефоне собственного аппарата, так как ток от микрофона говорящего абонента попадает не только в телефон слушающего, но и в свой телефон.

При непосредственном разговоре говорящий также слышит свою речь (местный эффект через воздух). При этом говорящий слышит свою речь с уровнем громкости, примерно на 23 дБ меньшим уровня громкости у своих губ. При телефонном разговоре вследствие усилительной способности микрофона уровень собственной речи, воспринимаемой через телефон, может быть приблизительно на 24 дБ выше громкости уровня собственной речи, воспринимаемой через воздух при непосредственном разговоре, что приводит к повышению порога слышимости. На ухо слушающего воздействуют также местные шумы через микрофоны и телефон своего аппарата. Таким образом местный эффект резко снижает дальность и качество передачи речи за счет маскировки сигналов небольшого уровня, поступающих с линии. Для снижения влияния местного эффекта применяют противоместные схемы ТА.

Противоместные схемы ТА ЦБ

В противоместных ТА при передаче речи достигается значительное ослабление тока, протекающего через свой телефон, по сравнению с током, поступающим с линии. Широкое применение нашли две разновидности противоместных схем ТА — мостовая и компенсационная. На рис. 1.31 представлена мостовая (дифференциальная) схема ТА ЦБ, а на рис. 1.32 — его эквивалентная схема при работе на передачу. На рис. 1.32 обозначено: $E_м$ — ЭДС генератора, эквивалентного угольному микрофону; $R_м$ — сопротивление микрофона при передаче; $Z_л$ — входное сопротивление линии; $Z_б$ — сопротивление балансного контура; $w_т$, $L_т$, $r_т$ — число витков, индуктивность и сопротивление телефонной обмотки трансформатора; $w_б$, $L_б$, $r_б$ — то же, балансной обмотки трансформатора; $w_л$, $L_л$, $r_л$ — то же, линейной обмотки трансформатора; L — индуктивность обмотки трансформатора с числом витков $w = w_б + w_л$.

Коэффициенты трансформации:

$$n = w_т/w;\ k = w_б/w;\ 1 - k = w_л/w. \qquad (1.51)$$

Ток $I_м$, создаваемый микрофоном, в точке b разветвляется на ток линии $I_л$ и ток балансного контура $I_б$. Чтобы при передаче ток в телефоне равнялся нулю $I_т = 0$, т. е. выполнялось условие

совершенной противоместности, необходимо соблюдать равенство магнитодвижущих сил линейной и балансной обмоток трансформатора, т. е.

$$I_л w_л = I_б w_б. \qquad (1.52)$$

При этом токи $I_б$ и $I_л$ в телефонном аппарате, работающем на передачу, создают два магнитных потока в сердечнике трансформатора, которые компенсируют друг друга, и общий магнитный по-

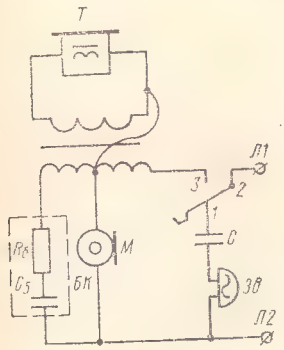


Рис. 1.31. Принципиальная мостовая схема

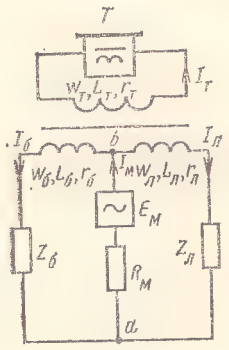


Рис. 1.32. Эквивалентная мостовая схема ТА ЦБ при работе на передачу речи

ток оказывается равным нулю. Следовательно, пренебрегая магнитным рассеянием в трансформаторе, получим:

$$I_б = \frac{U_{ab}}{Z_б + r_б}; \; I_л = \frac{U_{ab}}{Z_л + r_л},$$

где U_{ab} — напряжение между точками a и b. Учитывая (1.51), подставляя полученные значения токов в (1.52), после преобразования получим

$$Z_б + r_б = \frac{w_б}{w_л}(Z_л + r_л) = \frac{k}{1-k}(Z_л + r_л). \qquad (1.53)$$

Если входное сопротивление линии $Z_л$ представить в виде $Z_л = R_л - \mathrm{j}\frac{1}{\omega C_л}$, а сопротивление балансного контура — в виде $Z_б = R_б - \mathrm{j}\frac{1}{\omega C_б}$, то на основании ф-лы (1.53) можно написать равенство

$$R_б - \mathrm{j}\frac{1}{\omega C_б} = \frac{w_б}{w_л}\left(R_л - \mathrm{j}\frac{1}{\omega C_л} + r_л\right) - r_б, \qquad (1.54)$$

из которого определяются величины активного сопротивления и

емкости конденсатора балансного контура *БК* (см. рис. 1.31), а именно:

$$\left.\begin{aligned} R_б &= \frac{w_б}{w_л}(R_л + r_д) - r_б; \\ C_б &= \frac{w_л}{w_б} C_л. \end{aligned}\right\} \qquad (1.55)$$

Выражение (1.53) справедливо для низких и средних частот спектра 300—3400 Гц. Для высоких частот указанное выражение неточно, так как при выводах не учитывались индуктивности рассеяния обмоток трансформатора. Очевидно, что условие совершенной противоместности будет выполняться только на расчетной частоте. При отклонении от расчетной частоты условие совершенной противоместности нарушается и тем значительнее, чем больше это отклонение. Чтобы условие совершенной противоместности выполнялось в некотором диапазоне частот, для которого расчетная частота является средней, необходимо усложнять балансные контуры.

Рассмотрим работу мостового аппарата ЦБ на прием (рис. 1,33), полагая, что его балансный контур рассчитан на условие

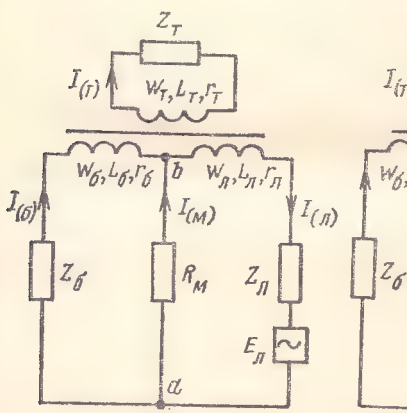


Рис. 1.33. Эквивалентная мостовая схема ТА ЦБ при работе на прием речи

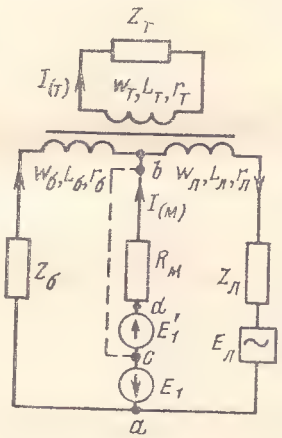


Рис. 1.34. Схема ТА ЦБ с двумя источниками ЭДС

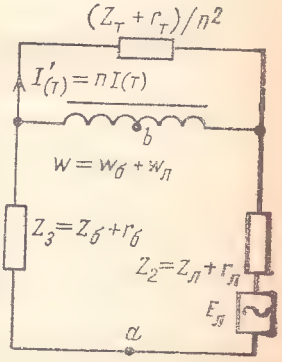


Рис. 1.35. Эквивалентная схема ТА ЦБ для расчета тока в телефоне при приеме речи

совершенной противоместности. Все сопротивления, входящие в схему аппарата, за исключением сопротивления микрофона, остаются при приеме теми же, что и при передаче. Для упрощения будем считать сопротивление микрофона при приеме и передаче равным $R_м$. Электродвижущую силу, действующую в линейном контуре, обозначим через $E_л$, а токи в телефонной и микрофонной цепи — через $I_{(т)}$, $I_{(м)}$. На основании теоремы о компенсации

можно доказать, что ток в телефоне при приеме речи не зависит от сопротивления микрофона.

Включим в ветвь (рис. 1.34) с током $I_{(м)}$ навстречу друг другу два источника с ЭДС E'_1 и E_1, численно равными $E_м = R_м I_{(м)}$. При этом токи во всех ветвях схемы не изменятся. Относительно точки c потенциал в точке d повышается на величину $E'_1 = I_{(м)} R_м$, а относительно точки d потенциал в точке b понижается на ту же величину. Следовательно, $U_b = U_c$. Это значит, что источник E'_1 и сопротивление $R_м$ можно удалить из схемы, не изменяя токов во всех ее ветвях.

Таким образом, в цепи микрофона (диагонали уравновешенного моста) остается источник ЭДС E_1, по отношению к которому схема ТА находится в условиях совершенной противоместности.

Следовательно, ток в телефоне не будет изменяться, если сопротивление микрофона будет принимать любое значение от 0 до ∞. Поэтому схему телефонного аппарата при приеме с учетом $R_м = \infty$ можно представить эквивалентной схемой (рис. 1.35), которая получена после приведения сопротивлений телефонного контура к обмотке с числом витков $w = w_л + w_б$. Тогда ток $I_{(т)}$ при работе ТА на прием равен

$$I_{(т)} = \frac{nE_л}{(Z_т + r_т) + \frac{n^2}{1-k}(Z_л + r_л)}, \qquad (1.56)$$

если $(Z_б + r_б)$ выразить через $Z_л + r_л$ и коэффициент трансформации k (1.53), а также пренебречь ветвью с числом витков w и индуктивностью L, что справедливо для средних и высоких частот.

Ток $I_{(т)}$ будет максимален при равенстве реактивных составляющих сопротивлений $Z_т$ и $Z_л$, т. е. при $\omega L_т = \frac{n^2}{(1-k)\omega C_л}$.

Из этого выражения находим расчетное значение $\omega_р$, при котором $I_{(т)}$ имеет максимальное значение:

$$\omega_р = \frac{n}{\sqrt{(1-k) L_т C_л}}. \qquad (1.57)$$

Частоту $\omega_р$ выбирают в верхней части диапазона разговорного спектра, в котором мала чувствительность телефона.

Для выбранной частоты $f_р = \frac{\omega_р}{2\pi}$ и известных значений $L_т$, $C_л$, k рассчитывают коэффициент трансформации n, при котором можно будет получить максимальную мощность в телефоне, по формуле

$$n = 2\pi f \sqrt{(1-k) L_т C_л}. \qquad (1.58)$$

В компенсационной противоместной схеме ТА условие совершенной противоместности при передаче речи достигается при наличии переменного магнитного потока в сердечнике трансформатора. Направление токов в ветвях схемы при передаче и приеме соответственно указано на рис. 1.36. Как видно из схемы, цепь телефона имеет магнитную и электрическую связь с линейной и балансной обмотками автотрансформатора $Тр$, обмотки которого

включены согласно. Ток, протекающий через сопротивление $Z_т$, при передаче создает на нем падение напряжения, а токи, протекающие по обмоткам $w_б$ и $w_л$, индуцируют в обмотке ЭДС, пропорциональную разности потоков, создаваемых балансной и линейной обмотками. Если магнитодвижущая сила $I_л w_л > I_б w_б$, а результирующая ЭДС в обмотке $w_т$ будет равна по величине и противоположна по фазе падению напряжения на компенсационном сопротивлении $Z_к$ то тока в телефоне не будет. При соответ-

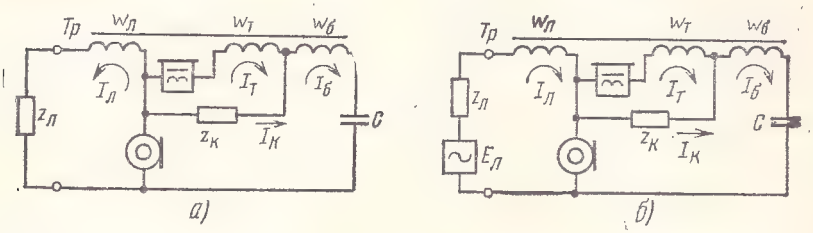


Рис. 1.36. Компенсационная схема ТА ЦБ:
а) при работе на передачу; *б)* при работе на прием

ствующем расчете витков обмоток автотрансформатора и величины $Z_к$ можно добиться отсутствия тока в цепи телефона и, следовательно, выполнения условия совершенной противоместности на расчетной частоте.

При приеме речи токи в обмотках $w_л$, $w_т$, $w_б$ имеют одно направление, вследствие чего эффект компенсации не возникает и в телефоне слышна принимаемая речь. Конденсатор C служит для исключения протекания постоянного тока через телефон, и, кроме того, он является элементом балансного контура.

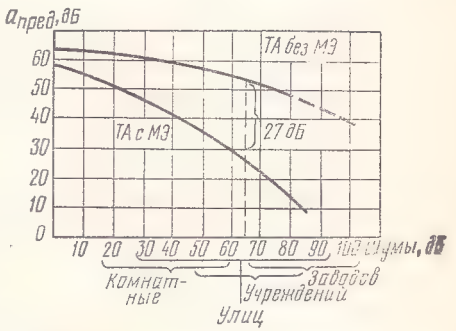


Рис. 1.37. Зависимость предельного затухания линии от уровня шума в месте приема для ТА с местным и для ТА без местного эффекта

Основные расчетные формулы для ТА компенсационного типа приведены в [24, 25, 37]. Следует отметить, что противоместные схемы телефонных аппаратов перекрывают большее затухание линии по сравнению с ТА, имеющими местный эффект. Зависимость предельно перекрываемого затухания линии от уровня шума в месте приема для ТА с местным эффектом и для ТА без него указана на рис. 1.37. Разборчивость речи при использовании ТА с противоместной схемой выше по сравнению с разборчивостью ТА с местным эффектом.

Принципиальные схемы ТА АТС

Принципиальные схемы телефонных аппаратов АТС мостового и компенсационного типа, выпускаемые нашей промышленностью, приведены на рис. 1.38, 1.39 соответственно. Телефонный аппарат

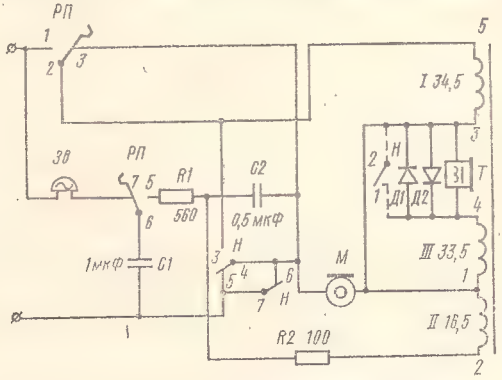


Рис. 1.38. Принципиальная схема ТА-72

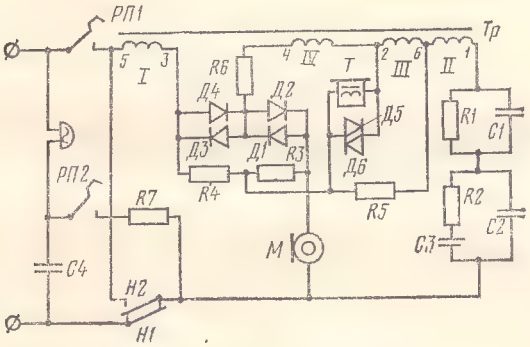


Рис. 1.39. Принципиальная схема ТА-66

ТА-72 является аппаратом настольного типа с мостовой схемой, в которой резисторы *R1, R2* и кочденсаторы *С1, С2* в совокупности образуют четырехэлементный балансный контур. Диоды *Д1, Д2* при малой длине абонентской линии защищают ухо абонента от акустических ударов и уменьшают силу щелчка при заводе и возвращении диска номеронабирателя, поэтому контакты *1—2* номеронабирателя, шунтирующие телефон, в ТА последних выпусков. не устанавливаются. При снятии микротелефонной трубки конденсатор *С1* вместе с конденсатором *С2* и резистором *R1* образует искрогасительный контур, подключенный параллельно к импульсному контакту *6—7* номеронабирателя. Контакт *3—4* номеронабирателя предназначен для шунтирования разговорной части схемы аппарата.

В телефонном аппарате ТА-66 с компенсационной схемой и автоматической регулировкой громкости (рис. 1.39) в качестве микрофона *М* использован капсюль МК-16Т, а в качестве телефона *Т* — дифференциальный электромагнитный телефон ДЭМК-7.

Для обеспечения автоматической регулировки громкости применена автотрансформатор *Тр* снабжен дополнительной четвертой обмоткой *IV* с сопротивлением постоянному току, равным 5 Ом. Эта обмотка соединена через резистор *R6* и мостовую схему (диоды *Д1—Д4*, резисторы *R3* и *R4*) с микрофоном *М*. Включение мостовой схемы последовательно с микрофоном не оказывает заметного влияния на его работу. Так как обмотка *IV* вместе с указанным мостом присоединены параллельно к обмотке телефона *Т*, то на абонентской линии небольшой длины ток питания микрофона уменьшает сопротивления плеч моста *Д1—Д2* и *Д3—Д4* и обмотка телефона шунтируется, а вследствие этого уменьшается громкость принимаемой речи. С увеличением длины абонентской линии ток питания микрофона уменьшается, сопротивление моста увеличивается и уменьшается влияние шунтирующей цепи телефона. Таким образом, автоматическая регулировка громкости обеспечивает примерно одинаковую громкость на линиях разной длины. При достаточно длинной линии приборы АРГ оказывают незначительное влияние на прием речи.

Телефонные аппараты с усилителями

Для удаленных абонентов промышленностью выпускаются телефонные аппараты с транзисторными усилителями передачи и приема и с электродинамическими или электромагнитными микрофонами.

Настольные телефонные аппараты для удаленных абонентов типа ТАУ-03 и ТАУ-04 разработаны для абонентских линий с затуханием от 5 до 24 дБ. Упрощенная структурная схема аппарата типа ТАУ показана на рис. 1.40. В качестве микрофона и телефона в этом аппарате применены электромагнитные капсюли типа ТА-4. Как видно из рисунка, микрофон и телефон подключены через усилители соответственно передачи и приема к дифференциальному трансформатору *Тр1*. В телефонном аппарате применена противоместная мостовая схема. Усилитель передачи $Ус_{пер}$ — двухкаскадный, а усилитель приема $Ус_{пр}$ — однокаскадный. Оба усилителя смонтированы по схеме с заземленным эмиттером.

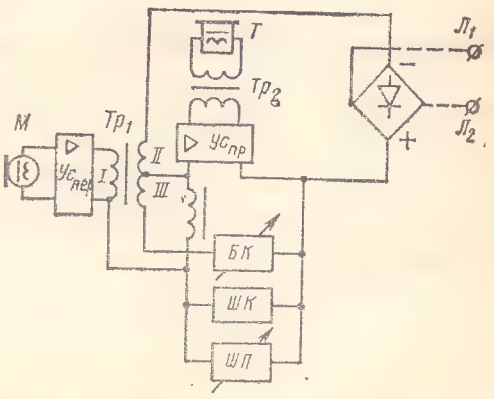


Рис. 1.40. Структурная схема ТА типа ТАУ

Кроме усилителей, схема содержит балансный контур *БК*, блок шунтирующего контакта *ШК* и блок шунта питания *ШП*. Балансный контур *БК* состоит из набора резисторов и конденсаторов. Схему *БК* и его параметры можно изменять в соответствии с входным сопротивлением линии. Блок *ШК* (содержит два транзистора) на 0,5 с после снятия микротелефона шунтирует вход ТА, увеличивая надежность срабатывания приборов, принимающих вызов. Блок *ШП* содержит набор резисторов для выбора рабочей точки усилителей в соответствии с сопротивлением абонентской линии.

На входе схемы аппарата предусмотрен выпрямительный мост на полупроводниковых диодах для обеспечения напряжения питания усилителей определенной полярности при любой полярности напряжения на линейных зажимах ТА.

Промышленностью разрабатываются ТА с бестрансформаторными схемами, которые на сетях общего пользования пока распространения не получили. Для электронных АТС разработаны ТА ЦБ с частотным способом передачи адресной информации (см. табл. 1.4). В нем могут применяться усилители для тональных сигналов вызова, а также предусматривается возможность подключения записывающей и отвечающей аппаратуры.

Параметры и характеристики телефонного аппарата

Телефонный аппарат, являясь составной частью телефонного тракта, в значительной степени определяет качество передачи речи. Качество ТА оценивается электрическими, электроакустическими, телефонометрическими, механическими и климатическими параметрами.

Электрическими параметрами ТА являются рабочие затухания приема $a_{пр}$, передачи $a_{пер}$ и местного эффекта $a_{м.э}$. К этим же параметрам относятся также входное сопротивление ТА, т. е. $Z_{ТА}=\varphi(f)$, сопротивление ТА постоянному току и др.

Рабочее затухание ТА при передаче, дБ,

$$a_{пер} = 10 \lg \left| \frac{E_м^2}{4R_м I_л^2 Z_л} \right|, \qquad (1.59)$$

где $E^2_м/4R_м$ — мощность, отдаваемая микрофоном в согласованную с ним нагрузку; $I^2_л Z_л$ — мощность, отдаваемая микрофоном в линию через схему ТА.

Рабочее затухание ТА при приеме, дБ,

$$a_{пр} = 10 \lg \left| \frac{U_л^2}{4Z_л I^2_{(т)} Z_т} \right|, \qquad (1.60)$$

где $U^2_л/4Z_л$ — мощность, отдаваемая линией с сопротивлением $Z_л$ в согласованную нагрузку; $I^2_{(т)}Z_т$ — мощность, отдаваемая той же линией телефону через схему ТА.

Чем меньше $a_{пер}$ и $a_{пр}$, тем меньше потери энергии в схеме ТА.

Рабочее затухание местного эффекта ТА, дБ,

$$a_{м.э} = 10 \lg \left| \frac{E^2_м}{4R_м I^2_т Z_т} \right| . \qquad (1.61)$$

С увеличением $a_{м.э}$ улучшается противоместность.

Вид типовых частотных характеристик $a_{пер}$, $a_{пр}$ и $a_{м.э}$ для современных ТА, включенных в абонентскую линию с затуханием 4,34 дБ, показан на рис. 1.41. Как видно, $a_{м.э}$ максимально на расчетной частоте балансного контура (35—37 дБ). При включении ТА на короткую линию $a_{м.э}$ уменьшается, но оно не должно быть меньше 9,5 дБ, иначе в телефоне возникает зуммирование (свист). Рабочее затухание ТА при приеме имеет бо́льшую неравномерность, чем при передаче, так как модуль входного сопротивления линии с частотой уменьшается, а модуль сопротивления телефона увеличивается.

Электроакустическими параметрами ТА являются коэффициенты приема, общий коэффициент приемопередачи и уровень громкости вызывного сигнала.

К телефонометрическим параметрам ТА относятся: разборчивость, громкость и натуральность передаваемой речи.

К механическим параметрам ТА относятся: вибропрочность, ударная прочность и срок службы отдельных деталей.

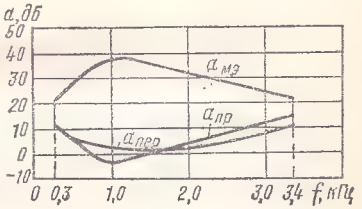


Рис. 1.41. Зависимость рабочего затухания ТА от частоты

Климатические свойства ТА оцениваются возможностью их безотказной работы в определенном интервале температур при заданной относительной влажности.

Анализ рассмотренных схем ТА и их параметров показывает, что основными направлениями улучшения качества ТА являются расширение спектра передаваемых частот, улучшение частотных характеристик преобразователей ТА, автоматическое регулирование уровня приемопередачи и противоместности. Расширение спектра и улучшение частотных характеристик обеспечивается широкополосными преобразователями, устанавливаемыми в ТА, и применением полупроводниковых усилителей. Улучшение качества работы ТА на линиях разной длины достигается использованием в ТА варисторов — нелинейных безынерционных сопротивлений с симметричными вольт-амперными характеристиками — или диодов [1, 25, 37]

1.9. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ

Общие сведения

Основным качественным показателем телефонной аппаратуры является качество передачи речи. Количественное измерение качества передачи речи имеет свою специфику и свои трудности, которые определяются тем, что в телефонной передаче участвуют не только телефонная аппаратура, но и голосовой и слуховой аппараты абонентов. Передаваемая речь и комбинации факторов, влияющих на ее восприятие, настолько многообразны, что чаще всего приходится прибегать к статистическим методам измерения разборчивости, громкости, натуральности (естественности). Разборчивость отражает выполнение телефонным трактом своей основной функции — обеспечение для слушающего правильного понимания смысла передаваемого сообщения. Громкость определяет желательный уровень принимаемых сигналов, который обеспечивал бы разборчивость речи без напряжения слухового аппарата со стороны принимающего. Натуральность оценивает способность телефонного тракта воспроизводить не только смысл передаваемой речи, но и ее тембр, т. е. естественность звучания голосов, позволяющую абонентам узнавать друг друга по голосу. Оценка по натуральности (естественности) звучания голоса имеет важное значение при художественном воспроизведении речи, а также при различных видах преобразования речевого сигнала (импульсно-кодовая модуляция и др.).

Известные в настоящее время методы оценки качества телефонной передачи можно разбить на субъективные и объективные. В основе субъективных методов измерения лежит оценка качества передачи, полученная в процессе испытания с помощью речевого и слухового аппаратов человека, выраженная какими-либо числовыми единицами. Исключение влияния на результаты измерений субъективных особенностей операторов достигается статистической обработкой достаточно большого числа субъективных оценок, позволяющей выявить объективно существующие закономерности, присущие исследуемым трактам. В основе объективных методов измерения лежит количественная оценка качества передачи, полученная в процессе испытания с помощью устройств, имитирующих речевой и слуховой аппараты человека (искусственные рот и ухо). Из широко применяющихся в настоящее время субъективных методов в учебнике рассматриваются: измерение эквивалента затухания по громкости и измерение разборчивости методом артикуляции, а из объективных — метод объективного измерения эквивалента затухания по громкости.

Измерение эквивалента затухания по громкости

Качество телефонной передачи по громкости оценивается субъективным сравнением громкости, достигаемой на испытуемом телефонном тракте, с громкостью передачи по некоторому эталон-

ному тракту. Такой способ измерения громкости основан на способности слухового аппарата человека довольно точно оценивать равные громкости различных звуков, в том числе и звуков речи.

Разность между громкостью при передаче речи через эталонный тракт и громкостью при передаче речи через испытуемый тракт, выраженная в децибелах, называется *эквивалентом затухания по громкости* ЭЗ испытуемого тракта и служит количественной оценкой качества телефонной передачи по громкости.

Для получения сопоставимых значений эквивалента затухания при проведении измерений в разных странах параметры эталонной системы регламентированы Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии (МККТТ), который различает три типа эталонных систем для измерения ЭЗ: новую систему NOSFER — Nouveaux sustéme fondamental pour la détermination des éqnivalents de référence, первичную и рабочую системы [1, 9, 37].

Тракт передачи основной эталонной системы для измерения ЭЗ по громкости (NOSFER) состоит из трех частей (рис. 1.42):

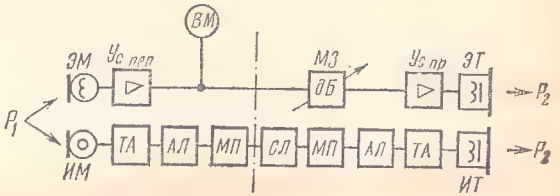


Рис. 1.42. Схема измерения эквивалента затухания телефонного тракта

передающей, приемной и эквивалента соединительной линии. Передающая часть содержит электродинамический микрофон *ЭМ*, усилитель передачи $Ус_{пер}$, волюметр *ВМ* для контроля уровня передаваемой речи. Соединительная линия представляет собой магазин затухания *МЗ*. Изменять диапазон затухания можно малыми ступенями в пределах 0—97,3 дБ. Приемная часть содержит усилитель приема $Ус_{пр}$ и электродинамический телефон *ЭТ*. Для частоты 1000 Гц затухание эталонного тракта ≈40 дБ. Приемная и передающая части системы находятся в различных помещениях, акустически изолированных друг от друга.

При измерении эквивалента затухания по громкости телефонного тракта передающая и приемная части испытуемого тракта располагают совместно с передающей и приемной частями эталонного тракта. Испытуемый тракт так же, как и эталонный, состоит из двух систем и соединительной линии. В процессе испытания одна местная система (например, левая) работает в режиме передачи, а другая (правая) — в режиме приема. Каждая местная система состоит из телефонного аппарата ТА, абонентской линии АЛ и моста питания *МП*.

На передающих концах перед микрофонами эталонного и испытуемого трактов оператор читает испытательную фразу, характерную для данного языка. Для русского языка, например, такой

фразой является: «не видали мы такого невода». Эта фраза по мощности соответствует средней мощности русской речи. Испытательная фраза повторяется необходимое число раз с примерно постоянной громкостью, которая контролируется по *ВМ*. Другой оператор на приемном конце слушает попеременно с помощью эталонного или испытуемого телефона и сигнализирует на пульт управления, по какому тракту он слышит громче. С помощью магазина затуханий *МЗ*, включенного в эталонный тракт, вводится затухание, если слышимость по эталонному тракту лучше, и выводится, если слышимость по нему хуже. Испытание проводится до тех пор, пока не будет установлена одинаковая громкость. При этом эквивалент затухания будет численно равен величине $\pm\Delta a_э$, набранной на магазине *МЗ*. Знак (+) означает, что испытуемый тракт хуже эталонного, знак (—) — лучше эталонного. Измерения ведутся бригадой операторов в составе не менее трех человек. Результаты измерений усредняются по данным нескольких измерений.

С помощью эталонной системы можно измерять эквиваленты затухания по громкости отдельно передающей и приемной местных систем испытуемого тракта. Схема измерения эквивалента затухания местной системы, работающей в режиме передачи, приведена на рис. 1.43. В этом случае громкость эталонного тракта

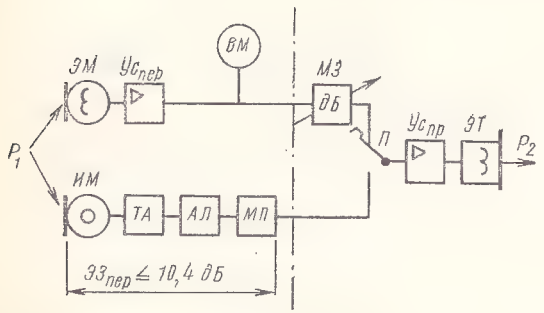


Рис. 1.43. Схема измерения эквивалента затухания местной системы в режиме передачи

сравнивается с громкостью тракта, составленного из испытуемой передающей местной системы и приемной части эталонного тракта. Переключателем *П* управляет оператор, ведущий передачу. По этой схеме измеряют эквивалент затухания по громкости телефонных аппаратов при передаче речи.

Схема измерения эквивалента затухания местной системы, работающей в режиме приема, приведена на рис. 1.44. Эквивалент затухания по громкости местной системы при затухании на $f=800$ Гц абонентской линии $a_{АЛ}=4{,}34$ дБ и моста питания $a_{МП}=0{,}43$ дБ должен быть не более 10,4 дБ при передаче и 5,2 дБ при приеме. Эквивалент затухания местного эффекта местной телефонной системы должен быть не менее 14,8 дБ как для речи, так и для шума в помещении с уровнем 60 дБ. При этом питаю-

щий мост со станционной стороны должен быть нагружен на соединительную линию с затуханием на $f=800$ Гц ($a_{сл} \geqslant 21{,}7$ дБ).

В качестве наибольшей величины эквивалента затухания тракта по громкости при любых возможных соединениях между абонентскими линиями МККТТ рекомендует величину 40 дБ, что соответствует уменьшению в 100 раз звукового давления при непосредственной акустической связи между двумя собеседниками, находящимися на расстоянии 4 м друг от друга. С развитием меж-

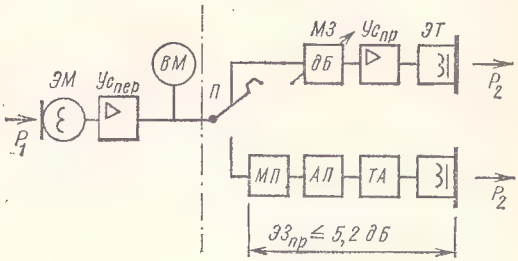


Рис. 1.44. Схема измерения ЭЗ местной системы в режиме приема

дународной связи, при максимально возможном расстоянии между ТА до 25 000 км мощность шумов в каналах может достигать 100 000 пВт. Поэтому МККТТ рекомендовал ограничить допустимую величину ЭЗ по громкости при международных связях до 36 дБ. Поскольку участки телефонных сетей отдельных стран при международной связи входят в состав международного телефонного тракта, эквивалент затухания телефонного тракта в стране также не должен превышать 36 дБ. Эквивалент затухания линейных и станционных участков тракта примерно равен их затуханию на 800 Гц. Оценка качества телефонного тракта эквивалентом затухания по громкости учитывает качество ТА, тип ТС, величину тока питания микрофона, изменение затухания тракта на частотах, отличных от 0,8 кГц.

Рассмотренный выше метод оценки качества телефонной передачи позволяет достаточно быстро оценить тракт телефонной передачи и его местные системы. Особенно удобен он при массовых измерениях однотипной аппаратуры в условиях заводской лаборатории. Однако этот метод трудоемкий, требует содержания специально тренированных бригад операторов и громоздкого эталонного оборудования.

Измерение разборчивости речи методом артикуляции

Под разборчивостью понимают определенное статистически отношение числа правильных принятых элементов речи к общему числу переданных элементов речи по телефонному тракту при достаточно большом объеме испытания. Различают разборчивость звуков D, слогов S, слов W, фраз I.

Проведение измерений методом артикуляции слов и фраз весьма громоздко, так как для получения достоверного результата необходимо передавать очень большой текстовой материал с привлечением для измерений широкого круга специально подготовленных лиц. Для уменьшения влияния субъективных факторов на результаты измерений при ограниченном числе операторов качество передачи речи по разборчивости определяется разборчивостью слогов, на основании которой вычисляется разборчивость звуков. Для этой цели разработаны специальные артикуляционные таблицы слогов в количестве 100 штук, в каждой из которых содержится по 50 трех- или четырехзначных слогов. Слоги не имеют смыслового содержания, например: пиц, прюх, тют (д)[1], вик (г) и др. Благодаря этому исключается влияние на результаты измерений субъективных факторов и становится возможным проведение измерений с малочисленной бригадой. Звукосочетания в слогах и средняя встречаемость в них звуков отражают специфику русского языка. При измерении разборчивости (рис. 1.45) пере-

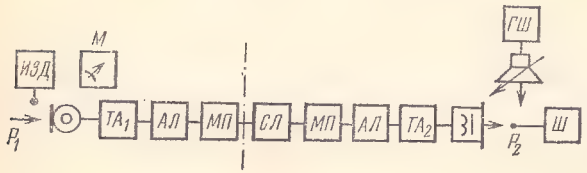


Рис. 1.45. Схема измерения слоговой разборчивости

дающая и приемная части испытуемого тракта размещаются в звукоизолированных помещениях. Оператор на передающем конце читает таблицы. Слоги произносятся ровным голосом со скоростью 20 слогов в минуту, скорость контролируется метрономом. Уровень речи контролируется измерителем звукового давления. В помещении приема создается акустический шум с уровнем 60 дБ. Для измерения уровня шума используют шумомеры, на приемном конце оператор записывает слоги на бланки. По окончании цикла сверяются принятые и переданные таблицы, затем вычисляется процент артикуляции слогов:

для i-й таблицы

$$S_i = \frac{m_i}{50} \cdot 100\%, \tag{1.62}$$

где m_i — число правильно принятых слогов таблицы i;

для n=30—40 таблиц (1500—2000 слогов)

$$S_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} S_i, \ \% . \tag{1.63}$$

[1] Слог считается принятым правильно, если вместо звука «Т» принят звук «Д».

Бригада операторов для измерений составляется из трех-пяти лиц без дефектов слуха и произношения в возрасте 18—30 лет со средним образованием. Нормы качества по разборчивости слогов, слов и фраз приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

НОРМЫ КАЧЕСТВА ПО РАЗБОРЧИВОСТИ

Виды разборчивости	Разборчивость, %			
	слабая	удовлетворительная	хорошая	отличная
Слоговая	25—40	40—55	55—80	80
Словесная	75—87	87—93	93—98	98
Фразовая	90—95	95—97	97—99	99

Из таблицы видно, что резкое снижение разборчивости наблюдается при уменьшении артикуляции слогов ниже 20—25%. При такой разборчивости происходит срыв связи. Разборчивость, однако, не является универсальным критерием оценки качества передачи речи, так как не позволяет судить о ее натуральности.

Достоинством метода артикуляции является то, что оценка качества по разборчивости может быть проведена с достаточно высокой степенью точности. Недостатком метода является громоздкость измерений, требующих длительного времени и артикуляционной бригады.

Оценка качества телефонной передачи методом мнений

Метод мнений, рекомендованный МККТ, основан на собирательных оценках (мнениях) качества телефонной передачи речи, даваемых абонентами [1, 9]. Показателем качества является средний балл по условной пятибалльной шкале качества (табл. 1.6), определяемый на основе достаточно большого числа субъективных оценок, или вероятность появления оценок заданных категорий. Испытания проводят 12 или 24 пары операторов, не имеющих специальной под-

Таблица 1.6

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ ПО ПЯТИБАЛЛЬНОЙ ШКАЛЕ

Качество передачи речи по данному тракту	Оценка	Балл
Полное отсутствие напряжения при разговоре	Отлично	4
Следует приложить внимание, но не требуется заметных усилий	Хорошо	3
Требуется постоянное, но не исключительное напряжение внимания	Удовлетворительно	2
Разговор возможен, но испытываются затруднения при приеме необычных слов	Плохо	1
Разговор возможен, но с большими трудностями	Очень плохо	0

готовки в области телефонометрических измерений, которые последовательно и попарно ведут разговор по испытуемому тракту. Для облегчения выбора темы разговора и исключения длительных пауз рекомендуется вести переговоры, связанные со словесным описанием рисунков специальных фигур. Для испытаний передающий оператор получает лист с изображением трех фигур, а принимающий — с изображением 12 фигур. Каждая фигура имеет свое кодовое название. Слушающий оператор по описанию и объяснениям передающего оператора, а также путем переспросов должен найти и уточнить требуемые три фигуры из числа 12 и сообщить их кодовые названия. Проводимый таким образом разговор позволяет каждому из операторов, пользуясь табл. 1.6, дать свою оценку. Как правило, продолжительность разговоров, необходимых для определения нужных трех фигур, составляет около 3—5 мин. Следовательно, 12 пар операторов дают 24 оценки Y_k в пятибалльной шкале, по которым вычисляется средняя арифметическая величина

$$Y = \frac{1}{24} \sum_{k=1}^{k=24} Y_k.$$

Для определения вероятности появления любой из категорий оценок x (от 0 до 4) при известном среднем значении Y служит биномиальная формула, рекомендованная МККТТ:

$$P_{(x)} = \frac{n!}{x!\,(n-x)!}\, Q^x\, (1-Q)^{n-x},$$

где $Q = Y/n$ ($n = 4$ — число категорий оценок минус единица; x — балл).

Вероятность $P_{(x)}$ может трактоваться так же, как относительное число абонентов (операторов), высказавшихся по результатам измерений за данную оценку x.

Методы оценки натуральности передаваемой речи (по проценту узнаваемости, по частотной шкале градаций и др.) не получили большого распространения, так как не учитывают в полной мере те факторы, которые оказывают влияние на натуральность.

Измерение эквивалента затухания по громкости объективным методом

Стремление снизить эксплуатационные затраты и сократить время для массовых измерений является решающим фактором, экономически оправдывающим разработку и внедрение объективных методов измерения эквивалента затухания [1, 9]. Основным условием при объективном измерении ЭЗ является сохранение принципа сравнения качества передачи по испытуемому и по эталонному трактам. В связи с этим возникает необходимость имитации разговорного тракта и речевых и слуховых характеристик операторов. Имитация речевых характеристик осуществляется с помощью искусственных голоса ИГ и рта ИР. Искусственный голос представляет собой генератор, электрические сигналы которого отражают необходимые физические свойства и особенности естественной речи. Искусственный рот — это электроакустический излучатель, перед которым пространственное распределение давления аналогично распределению давления около рта человека. Имитация слуховых характеристик осуществляется с помощью искусственного уха ИУ — акустико-электрического приемника, моделирующего слуховое восприятие человека и субъективную оценку громкости звука.

Все существующие в настоящее время объективные измерители обладают существенным недостатком: результаты измерений с их помощью далеко не всегда удовлетворительно совпадают с результатами субъективных измерений на эталонной системе. Поэтому МККТТ до настоящего времени не нашел возможным рекомендовать применение объективных измерителей для нормирования и оценки качества передачи по громкости международных трактов [2, 5].

ГЛАВА 2

ОСНОВЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ

2.1. ПРИНЦИПЫ КОММУТАЦИИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Под *коммутацией* понимается процесс замыкания, размыкания и переключения электрических цепей. На сетях электросвязи посредством коммутации осуществляют соединения между *оконечными абонентскими устройствами* для передачи (приема) информации. Коммутация осуществляется на *коммутационных узлах (КУ)*, являющихся составными частями сети электросвязи. Напомним, что сеть *электрической связи* представляет собой совокупность технических средств, предназначенных для передачи (приема) информации, и состоит из абонентских устройств (телефонных аппаратов ТА), линий (каналов) связи и коммутационных узлов (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Схема связи между абонентскими аппаратами

Абонентские устройства соединяются с коммутационным узлом *абонентскими линиями* (АЛ). Коммутационные узлы, находящиеся на территории одного города (или населенного пункта), связаны *соединительными линиями* (СЛ). Если же коммутационные узлы находятся в разных городах, то они связаны между собой через междугородную телефонную станцию посредством *внутризоновых* линий, если они находятся в одной зоне, и внутризоновыми и *междугородными* линиями, если они находятся в разных зонах.

Коммутационный узел, в который включаются абонентские линии, называется *коммутационной станцией* или просто станцией.

В некоторых случаях абонентские линии включаются в *подстанции*. Лицо, пользующееся оконечным абонентским устройством для передачи и приема информации, называется *абонентом*. Для передачи информации от одного оконечного абонентского устройства сети к другому требуется установить соединение между этими устройствами через соответствующие узлы и линии связи.

Для осуществления соединения на коммутационных узлах устанавливается *коммутационная* (соединительная) *аппаратура*, обеспечивающая соединение линии вызывающего оконечного устройства с линией вызываемого оконечного устройства через линии связи.

Совокупность линейных и станционных средств, предназначенных для соединения оконечных абонентских устройств, называется *соединительным трактом*. Количество коммутационных узлов между соединяемыми оконечными устройствами зависит от структуры сети и направления соединения.

Чтобы осуществить требуемое соединение на коммутационный узел, от вызывающего оконечного устройства должна поступить информация о номере вызываемого оконечного устройства, называемая *адресной информацией*, а из коммутационного узла в оконечные устройства посылаются сигналы для оповещения абонентов о различных состояниях процесса установления соединения (сигналы ответа станции, посылки вызова, занятости и т. д.). Коммутационные узлы могут соединяться между собой посредством физических цепей или уплотненных линий, в которых образовано требуемое число каналов.

Под *каналом* понимают совокупность технических средств (линейных и станционных), обеспечивающих передачу информации между двумя смежными коммутационными узлами, а также между оконечными устройствами и коммутационной станцией. После установления соединительного тракта между оконечными устройствами передача информации может осуществляться лишь после подключения к этому тракту приемника информации. Поэтому *трактом передачи информации* называют совокупность соединительного тракта, передатчика и приемника, обеспечивающую передачу и прием информации между соединенными оконечными устройствами.

На коммутационных узлах соединение может устанавливаться на время, необходимое для передачи одного сообщения, например одного телефонного разговора, или на длительное время, превышающее время передачи одного сообщения. Коммутация первого вида называется *оперативной*, а второго — *кроссовой (долговременной)*. Оперативная коммутация осуществляется коммутационными приборами, которые занимаются на время установления соединения, передачи сообщения и возвращения приборов в исходное состояние. Кроссовая коммутация выполняется путем соединения линии (каналов) на промежуточных щитах согласно предварительным требованиям абонентов или в соответствии с заранее установленным расписанием на сеансы связи. Эти соединения

в настоящее время производятся персоналом узла вручную. Однако в дальнейшем они могут устанавливаться автоматически специальными коммутационными приборами.

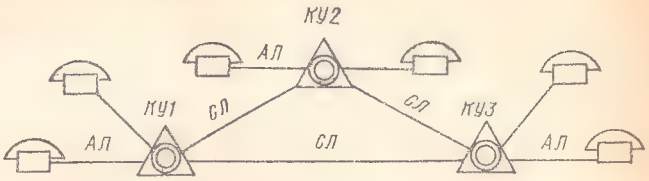


Рис. 2.2. Схема сети связи

На рис. 2.2 для примера показана сеть связи, состоящая из трех коммутационных узлов (станций), обеспечивающая соединение оконечных устройств как через одну станцию, так и через две.

2.2. СТРУКТУРА КОММУТАЦИОННОГО УЗЛА

Коммутационный узел *КУ* предназначен для приема, переработки и распределения поступающей информации. Для выполнения своих функций коммутационный узел должен иметь (рис. 2.3): коммутационную систему *КС*, предназначенную для соединения входящих и исходящих (каналов) на время передачи информации; управляющее устройство *УУ*, обеспечивающее установление соединения между входящими и исходящими линиями через коммутационную систему, а также прием и передачу управляющей информации. К аппаратуре для приема и передачи управляющей информации относятся регистры *Рег*, кодовые приемники, передатчики и пересчетные устройства; линейные комплекты входящих и исходящих линий (каналов) *ЛК*, предназначенные для приема и передачи линейных сигналов по входящим и исходящим линиям, для выделения каналов на уплотненных линиях, а также для приема и передачи сигналов управления; станционные компелкты *СК*, предназначенные для питания микрофонов телефонных аппаратов, для приема и передачи управляющих сигналов в процессе установления соединения. Кроме того, на узле имеются устройства ввода и вывода линий (кросс), источники электропитания, устройства контроля, сигнализации и учета параметров телефонного сообщения. В некоторых случаях *КУ* может иметь устройства приема и хранения информации, если таковая передается не непосредственно потребителю информации, а предварительно накапливается на узле. Такие узлы применяются в системах коммутации сообщений.

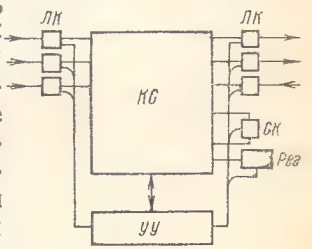


Рис. 2.3. Структурная схема коммутационного узла

Коммутационные узлы и станции классифицируются по ряду признаков:

по виду передаваемой информации (телефонные, телеграфные, вещания, телеуправления, передачи данных и др.);

по способу обслуживания соединений (ручные, полуавтоматические, автоматические);

по месту, занимаемому в сети электросвязи (оконечные станции, подстанции, узлы входящего и исходящего сообщения);

по типу сети связи (городские, сельские, учрежденческие, междугородные);

по типу коммутационного и управляющего оборудования (электромеханические, механоэлектронные, квазиэлектронные, электронные);

по системам применяемого коммутационного оборудования (декадно-шаговые, координатные, машинные, квазиэлектронные, электронные);

по емкости, т. е. по количеству входящих и исходящих линий или каналов (малой, средней, большой емкости);

по типу коммутации (оперативная, кроссовая, смешанная);

по способу разделения каналов (пространственным, пространственно-временны́м, пространственно-частотным разделением каналов);

по способу передачи информации от передатчика к приемнику (узлы коммутации каналов, обеспечивающие коммутацию для непосредственной передачи информации от передатчика к приемнику после установления соединительного тракта, и узлы коммутации сообщений, обеспечивающие прием и накопление информации с последующей передачей ее в следующий узел или непосредственно в приемник).

2.3. КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Для коммутации каналов (линий) и построения устройств управления используются различные коммутационные приборы. *Коммутационным прибором* называют устройство, обеспечивающее замыкание и размыкание цепей при поступлении в прибор управляющего сигнала. В системах пространственной электромеханической коммутации коммутационными приборами являются реле, искатели, многократные координатные соединители. В системах бесконтактной коммутации используются транзисторы, диоды, тиратроны, магнитные элементы, интегральные схемы.

Реле с герметизированными контактами и ферриды по своему быстродействию приближаются к электронным приборам, поэтому они получили название *квазиэлектронных* коммутационных приборов.

Замыкание или размыкание электрической цепи в коммутационном приборе осуществляется *коммутационным элементом (КЭ)*, который в простейшем случае представляет собой один контакт на замыкание. Поскольку коммутационные приборы коммутируют ли-

нии с определенной проводностью, для коммутации устанавливают *коммутационную группу,* элементы которой переключаются одновременно под влиянием поступающего управляющего сигнала.

Замыкание (или размыкание) электрических цепей с помощью коммутационных элементов осуществляется устройствами, принимающими управляющие сигналы. Такими устройствами могут быть обмотки реле, электромагнитов искателей или МКС, базовые цепи транзисторов и т. п. В зависимости от конструкции коммутационного прибора число коммутационных групп в нем может быть разным и определяется емкостью (числом выходов) *коммутационного поля* прибора. Так, в искателях ДШИ-100 имеется 100, а в МКС типа $10\times20\times6$ — 200 коммутационных групп. Однако в процессе установления одного соединения искатели и МКС обеспечивают переключение только одной коммутационной группы.

Под *точкой коммутации* понимают местоположение коммутационной группы в коммутационном приборе или в коммутационной системе.

Принцип действия и устройство различных коммутационных приборов изучались в курсе «Основы дискретной автоматики». Напомним, что для коммутации электрических цепей используются приборы, обеспечивающие два состояния своих коммутационных элементов. Одному состоянию коммутационных элементов приписывается значение нуля (0), а другому — значение единицы (1). При этом электрическая цепь, проходящая через коммутационный элемент в одном состоянии элемента, разомкнута, а в другом состоянии замкнута. Для прохождения электрического тока первое состояние элемента является *закрытым,* а второе — *открытым.*

Коммутационные приборы характеризуются следующими коммутационными параметрами:

коммутационным коэффициентом K, представляющим собой отношение сопротивления коммутационного элемента (например, контакта реле) в закрытом (разомкнутом) состоянии $R_з$ к сопротивлению элемента в открытом (замкнутом) состоянии $R_о$. Иногда вместо отношений сопротивлений коммутационного элемента рассматривается отношение напряжений или токов на выходе элемента;

временем переключения, под которым понимают время перехода элемента из одного состояния в другое (например, время срабатывания, время отпускания реле или время переключения транзистора);

сроком службы или долговечностью, под которыми понимают допустимое число переключений или допустимое время работы. Допустимым числом переключений (срабатываний) определяется срок службы электромеханических приборов: реле, искателей, МКС. Электронные приборы оцениваются общим временем работы;

интенсивностью отказов, т. е. вероятностью отказов в единицу времени:

вносимым затуханием в тракт передачи информации.

При электрических расчетах коммутационные приборы оцениваются также и по другим параметрам, таким, как сопротивление, магнитодвижущая сила (МДС) срабатывания, отпускания, удержания и др.

Требования к коммутационным приборам, используемым в коммутационных системах и предназначенным для коммутации каналов, по которым передается аналоговая информация, например телефонные переговоры, существенно отличаются от требований, предъявляемых к коммутационным приборам для построения устройств управления.

Для приборов, используемых в устройствах управления, достаточно иметь коммутационный коэффициент порядка 10^3—10^5, а для разговорного тракта необходимо иметь приборы с с $K = 10^9$—10^{12}.

Число последовательно включенных коммутационных элементов для образования соединительного пути от входа коммутационной системы до ее выхода зависит от структуры коммутационной системы и может быть достаточно большим. Поэтому величина вносимого затухания в открытом состоянии коммутационного элемента должна быть достаточно малой, так как общее допустимое затухание участка тракта в пределах всей коммутационной системы узла не должно превышать 1,3 дБ.

Коммутационные приборы разговорного тракта должны обеспечивать высокое переходное затухание между разговорными цепями (порядка 78 дБ) и высокие качественные показатели разговорного тракта, а именно, низкий уровень помех (не более 0,5 мВ), малые нелинейные искажения (не более 5%), широкий динамический диапазон передачи (порядка 40 дБ). Свойства коммутационных элементов разговорного тракта должны быть стабильными в течение всего срока службы. Для разговорного тракта необходимым условием является обеспечение двусторонней связи, поэтому коммутационные элементы должны обладать двусторонней проводимостью.

К коммутационным приборам управляющих устройств предъявляют более высокие требования по времени переключения, чем к приборам коммутационной системы. В современных узлах коммутации (АТС, АМТС) для построения устройств управления применяют быстродействующие электронные и магнитные коммутационные приборы.

В коммутационных системах используют электромеханические коммутационные приборы — искатели, многократные координатные и кодовые соединители, а в последнее время коммутационные приборы с герметизированными контактами. Коммутационные элементы указанных приборов имеют малое сопротивление в открытом состоянии (порядка 0,01 Ом) и практически не влияют на величину рабочего затухания станционного четырехполюсника. Поэтому в электромеханических АТС переходное затухание определяется в основном затуханием в станционных кабелях и состав-

ляет величину более 70 дБ. Электронный коммутационный элемент в открытом состоянии вносит в разговорный тракт затухание порядка 0,04—0,13 дБ, а с учетом согласующих трансформаторов — порядка 0,5 дБ и больше. В закрытом состоянии контактный коммутационный элемент имеет сопротивление несколько десятков миллионов ом и емкость несколько пикофарад.

Электронные приборы обладают высоким быстродействием, большим сроком службы, высокой надежностью, но уступают электромеханическим приборам по целому ряду своих электрических характеристик. Например, они имеют значительно большее сопротивление в открытом состоянии, значительно меньшее сопротивление и большую емкость в закрытом состоянии.

Трудность создания простого высококачественного и дешевого электронного прибора для коммутации разговорного тракта привела к поиску электромеханического прибора, который обладал бы хорошими электрическими характеристиками, имел бы высокое быстродействие и малое потребление мощности в цепях управления, что позволило бы согласовать его работу с электронными управляющими приборами. С этой целью были созданы магнитоуправляемые контакты: герконы, ферриды, гезаконы. Коммутационные узлы, в которых для построения коммутационной системы используются герконы, ферриды, гезаконы, а устройства управления построены на электронных приборах, получили название *квазиэлектронных узлов (станций) коммутации.*

2.4. СПОСОБЫ УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ

Основное назначение телефонного коммутационного узла (станции) состоит в установлении соединений между телефонными аппаратами на время телефонного разговора и разъединении после окончания разговора. Для выполнения этих функций на коммутационном узле устанавливается соответствующая аппаратура. В зависимости от типа этой аппаратуры установление соединения на узле может осуществляться оператором (телефонисткой) или производиться автоматически соответствующими приборами.

Наибольшее влияние на коммутационную технику оказала телефонная связь. Основные принципы, заложенные в телефонной коммутационной технике, могут быть широко использованы для построения устройств коммутации на узлах для передачи других видов информации, например, телеграфной, передачи данных, вещания, телеметрии, телеуправления и т. д. Рассмотрим принципы коммутации телефонных каналов (линий) при ручном и автоматических способах установления соединений.

Для соединения между абонентскими линиями на ручной телефонной станции устанавливаются *коммутаторы,* которые содержат три вида оборудования: многократное поле, местное поле и рабочее место телефонистки. В многократном поле в соответствующие гнезда включаются абонентские линии всех абонентов станции. Многократное поле может размещаться на двух или трех

коммутаторах так, чтобы любая телефонистка со своего рабочего места могла достать до каждого гнезда в этом поле.

В соответствующие гнезда местного поля коммутатора включают линии 100 абонентов, и возле каждого гнезда устанавливается сигнальная лампочка.

На рабочем месте телефонистки имеется гарнитура, в которой размещаются телефон и микрофон для возможности переговора с абонентами, несколько соединительных шнуров, называемых *шнуровыми парами.* Каждая шнуровая пара снабжена опросным *О* и вызывным *В* штепселями и опросно-вызывным ключом *ОВК*, имеющим три положения: опроса, вызова и разговора. Этим ключом гарнитура телефонистки подключается к шнуровой паре. Каждая шнуровая пара снабжается двумя сигнальными лампами. Одна связана с опросным, а другая — с вызывным концом шнуровой пары. По состоянию каждой из ламп телефонистка может судить о состоянии абонентских линий разговаривающих абонентов. На рабочем месте телефонистки имеется также вызывное устройство для посылки вызова в телефонный аппарат.

Рассмотрим процесс установления соединения на телефонной станции, имеющей 400 номеров (рис. 2.4). В местное поле каждо-

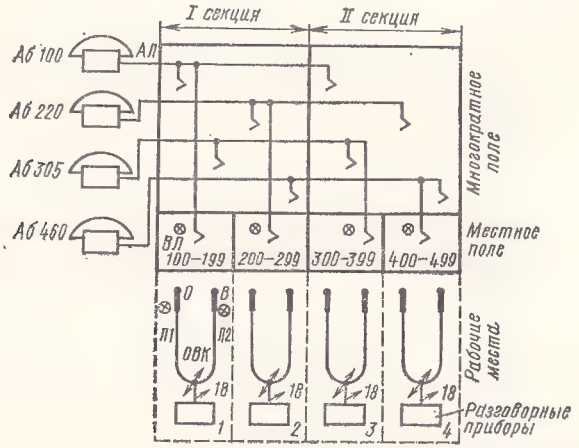


Рис. 2.4. Структурная схема РТС емкостью 400 номеров

го коммутатора включено по 100 абонентских линий, снабженных гнездом и вызывной лампой. Многократное поле имеет две секции и размещается на двух рабочих местах (коммутаторах). Каждая абонентская линия заводится в обе секции многократного поля и оканчивается гнездами.

При поступлении вызова от абонента в местном поле коммутатора, в котором включена его линия, загорается сигнальная лампа. Пусть это будет линия № 100, включенная в первый коммута-

тор. Телефонистка первого рабочего места, заметив сигнал вызова, берет опросный штепсель свободной шнуровой пары и вставляет его в гнездо вызывающей абонентской линии, которое находится рядом с вызывной лампой. Затем она переводит опросно-вызывной ключ в положение «Опрос» и получает информацию о требуемом номере. После этого телефонистка берет вызывной штепсель той же шнуровой пары, отыскивает в многократном поле гнездо вызываемой абонентской линии, проверяет ее состояние, касаясь вызывным штепселем гнезда в многократном поле. Если линия абонента свободна, телефонистка вставляет вызывной штепсель в гнездо и опросно-вызывным ключом посылает абоненту вызов. До ответа вызываемого абонента горит лампа вызывного штепселя, а после ответа абонента она гаснет. Разговорный тракт между абонентскими аппаратами создается посредством шнуровой пары, которой телефонистка соединила линию вызывающего абонента с линией вызываемого абонента. Если линия вызываемого абонента окажется занятой, то телефонистка сообщает об этом абоненту, после чего производит разъединение. Число одновременных соединений на коммутаторе определяется количеством шнуровых пар. Обычно таких пар на коммутаторе устанавливают 18. Если какой-либо абонент производит вызов в тот момент, когда все шнуровые пары заняты, он ожидает освобождения одной из них. После окончания переговора абоненты кладут микротелефоны на рычаги телефонных аппаратов, при этом загораются сигнальные лампы на той шнуровой паре, через которую было установлено соединение. Телефонистка вынимает опросный и вызывной штепсели из гнезд, освобождая тем самым линии абонентов и шнуровую пару для новых соединений, после чего сигнальные лампы гаснут.

Таким образом, весь алгоритм соединения на ручной телефонной станции (РТС) состоит из следующих этапов: вызов станции абонентом; подключение к линии вызывающего абонента; опрос телефонисткой вызывающего абонента и получение информации о номере вызываемого абонента; проверка линии вызываемого абонента на занятость; соединение с линией вызываемого абонента, если она свободна; посылка вызова в линию вызываемого абонента; прием сигнала ответа абонента; разговор между абонентами; прием на станцию сигналов отбоя; разъединение.

Использование станций с ручной коммутацией требует большого числа обслуживающего персонала, так как одна телефонистка в часы наибольшей нагрузки на станции может обслуживать вызовы не более чем 100—120 абонентов. Поэтому на РТС емкостью 10 000 номеров необходимо иметь несколько сотен телефонисток, что приводит к большим эксплуатационным расходам. Недостатком станций с ручной коммутацией является также небольшая их емкость, которая ограничена емкостью многократного поля. Обычно станции с ручной коммутацией строились емкостью до 10 тыс. номеров. Поэтому на крупных телефонных сетях монтировалось несколько станций, которые соединялись между собой соединительными линиями. Соединение между ТА, включенными в разные

станции, осуществлялось двумя и более телефонистками, что приводило к увеличению времени установления соединения и к повышению вероятности ошибок при установлении соединений.

В процессе установления соединения при ручной коммутации часть функций, выполняемых телефонисткой, осуществляется чисто механически (вставление и вынимание штепселей, перевод ключа в положение опроса, вызова, разговора и т. п.), а часть функций требует мышления (прием адресной информации, отыскание требуемой линии в поле коммутатора и т. п.).

Идея автоматической коммутации заключается в том, что функции, требующие мышления, выполняются вызывающим абонентом, а механические действия телефонистки — коммутационными приборами, которые устанавливаются на станции.

Рассмотрим принцип автоматической коммутации на примере автоматической телефонной станции (АТС) на 10 номеров, выполненной на шаговых искателях типа ШИ-11 емкостью на 10 линий. Нумерация абонентских линий однозначная — в пределах 0—9. Упрощенная функциональная схема такой АТС приведена на рис. 2.5. В установлении соединения между двумя абонентскими

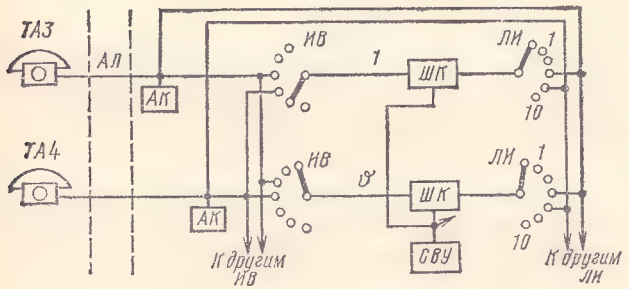


Рис. 2.5. Функциональная схема АТС со ступенями *ИВ* и *ЛИ*

линиями участвуют два искателя: искатель вызова *ИВ* и линейный искатель *ЛИ*. Кроме того, используется релейный шнуровой комплект *ШК*. Он выполняет функции *УУ* для *ИВ* и *ЛИ*, обеспечивает питание микрофонов и принимает сигналы ответа вызванного абонента и отбоя от обоих абонентов. Имеется также общестанционное сигнально-вызывное устройство *СВУ*. При поступлении вызова от абонента, когда в абонентском комплекте сработало линейное реле, один из искателей вызова отыскивает вызвавшую абонентскую линию и подключает ее к *ШК*. Абонент получает тональный сигнал «Ответ станции» и, набирая однозначный номер, посылает адресную информацию в линейный искатель. Последний устанавливает соединение с требуемой линией. После этого осуществляется ее проба и, если она свободна, посылается сигнал вызова. Вызвавший абонент при этом получает тональный контрольный сигнал. При ответе вызванного абонента прекращается посылка вызова и устанавливается разговорное состояние. Питание микрофонов обоих аппаратов осуществляется из *ШК*. После

двустороннего отбоя искатели и шнуровой комплект освобождаются. Таким образом, *ИВ* и *ЛИ* по аналогии с РТС образуют шнуровую пару, в которой роль опросного штепселя выполняет *ИВ*, а роль вызывного—*ЛИ*.

Число шнуровых пар *ИВ—ЛИ* на АТС зависит от количества абонентских линий, включенных в АТС, от количества вызовов, поступающих от абонентов, и продолжительности разговоров. При занятости всех пар *ИВ—ЛИ* новые вызовы не обслуживаются и ждут освобождения соединительных устройств.

2.5. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ТЕЛЕФОННОГО СООБЩЕНИЯ

Автоматические коммутационные системы, изучаемые в этом учебнике, предназначены для организации телефонной связи. Телефонный разговор становится возможным после установления между телефонными аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов электрической цепи, называемой соединительным трактом. Каждый тракт состоит, как правило, из нескольких участков, соединенных между собой с помощью коммутационных приборов. Приборы, выполняющие одинаковые функции, объединяются в группы, называемые *ступенями искания*.

В исходном состоянии, т. е. до поступления требований на установление соединений, отдельные участки соединительных трактов друг с другом не соединены. При поступлении требований на установление соединений отдельные участки соединяются между собой в соответствии с поступающей от вызывающих абонентов адресной информацией и, таким образом, образуются необходимые в данный момент времени соединительные тракты, предоставляемые абонентам на время ведения разговора. По окончании разговора участки соединительного тракта разъединяются и могут быть использованы для образования новых соединительных трактов.

Совокупность процессов, связанных с занятием, использованием и освобождением линий и коммутационных приборов потребителями телефонной связи, составляет понятие «*телефонное сообщение*». На рис. 2.6 приведена простейшая структурная схема соединительного тракта между абонентом *А*, включенным в АТС1, и

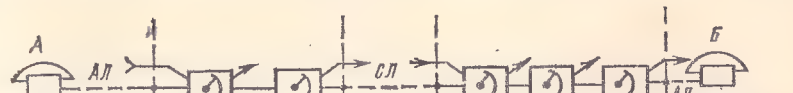


Рис. 2.6. Схема соединительного тракта между двумя абонентами телефонной сети.

абонентом *Б*, включенным в АТС2. Указанный соединительный тракт содержит пять ступеней искания и шесть участков: две абонентские линии, межстанционную соединительную линию и линии, связывающие между собой ступени искания внутри АТС1 и АТС2. Линии *1—2, 2—3, 3—4* и *4—5* и коммутационные приборы ступеней искания *2, 3, 4, 5* являются устройствами общего пользования; они могут входить в состав различных соединительных трактов, образуемых по требованиям многих абонентов. Очевидно, что чем выше интенсивность телефонного сообщения, т. е. чем большее число требований на установление соединений поступает за единицу времени и чем больше время, в течение которого линии и приборы соединительного тракта будут заняты, тем выше загрузка оборудования и тем большее число коммутационных приборов и связывающих их линий необходимо будет иметь на телефонных станциях. Однако это не означает, что любое число одновременно поступивших вызовов должно быть обслужено и немедленно должны быть предоставлены требуемые соединительные пути к вызываемым абонентам. Некоторая часть требований в периоды наибольшего их скопления (в час наибольшей нагрузки — ЧНН) может быть либо вовсе не обслужена, либо обслужена с некоторой задержкой. Относительное количество таких необслуженных (или задержанных) требований характеризует качество обслуживания требований на соединения на данной телефонной сети. Очевидно, чем выше желаемое качество обслуживания, тем большее число соединительных трактов, а следовательно, и коммутационных приборов и связывающих их линий потребуется иметь на телефонных станциях.

Помимо величин, характеризующих нагрузку оборудования АТС и качество обслуживания, число коммутационных устройств на станции в целом и на отдельных ступенях искания зависит от конструкции коммутационных приборов (их коммутационных возможностей) и структуры ступеней искания.

В общем виде можно записать

$$V = f(Y, P, D), \tag{2.1}$$

где V — число линий (или коммутационных приборов) на отдельных участках соединительного тракта (на отдельных ступенях искания); Y, P, D — величины, характеризующие соответственно: число поступающих требований на установление соединений и длительность занятия линий, качество обслуживания и коммутационные возможности отдельных приборов и ступеней искания. Число коммутационных приборов зависит также от некоторых других не упомянутых здесь факторов.

Изучение статистических свойств потоков требований (вызовов), создаваемых абонентами телефонных станций (источниками нагрузки), зависимостей между числом обслуживающих устройств, интенсивностью поступления вызовов, качеством обслуживания и параметрами, характеризующими коммутационные устройства, является предметом инженерной науки — «Теории телефонного

сообщения». В настоящее время все большее распространение получает в нашей литературе английский перевод слова «сообщение» — трафик (traffic). Понятие «телетрафик» шире, нежели понятие «телефонное сообщение», поскольку задачи, решаемые теорией телетрафика (ТТТ), относятся и к телефонному, и к телеграфному сообщениям, и к проблемам обслуживания в различных других системах передачи и распределения информации, пользующихся аналогичными способами и средствами.

В дальнейшем будут кратко рассмотрены лишь некоторые основные понятия теории телефонного сообщения и даны сведения, необходимые для понимания и оценки структур коммутационных устройств и систем автоматической коммутации.

2.6. ТЕЛЕФОННАЯ НАГРУЗКА

Для количественной оценки интенсивности телефонного сообщения введено понятие *телефонной нагрузки*. Следует различать нагрузку поступающую, нагрузку обслуженную и нагрузку потерянную.

Пусть вызовы, поступающие на коммутационную систему или ее часть (ступень искания) для установления соединения в требуемом направлении, обслуживаются V выходами (линиями). Наблюдая за состоянием этих выходов в течение промежутка времени (t_1, t_2), мы можем установить общую длительность занятия каждого из выходов $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_V$ за указанный промежуток времени. Сумма этих длительностей

$$Y_{t_1, t_2} = \sum_{i=1}^{V} \tau_i \qquad (2.2)$$

представляет собой телефонную нагрузку, обслуженную V выходами коммутационной системы за время (t_1, t_2). Если величины τ определены в часах, то и величина нагрузки получается в часах.

Обслуженную нагрузку можно легко измерить, например, с помощью счетчика электроэнергии. Если в течение времени занятия каждого из выходов 1, 2, ..., V будет включена цепь регистрации нагрузки, изображенная на рис. 2.7, то показания счетчика ампер-часов будут, очевидно, пропорциональны числу таких цепей, т. е. числу одновременно занятых выходов и времени занятия каждого выхода. Показания такого счетчика могут быть проградуированы в единицах измерения нагрузки.

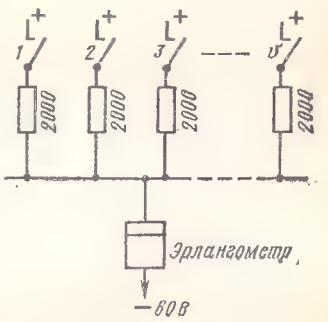


Рис. 2.7. Схема измерения телефонной нагрузки

В периоды максимальной нагрузки некоторые вызовы могут остаться необслуженными, если они появились в момент занятости всех выходов в требуемом на-

правлении. Для таких вызовов время занятия выходов равно нулю. Поскольку все же вызов имел место и, следовательно, могло бы иметь место и занятие выхода, необходимо уметь определять и поступающую нагрузку, как нагрузку, на обслуживание которой предъявляют требование абоненты.

Под нагрузкой, поступающей за определенный период времени на коммутационную систему, подразумевают нагрузку, которая могла быть обслужена, если бы каждому поступающему вызову немедленно был предоставлен свободный выход. Разницу между поступающей и обслуженной нагрузками называют потерянной нагрузкой: $Y - Y_{обсл} = Y_{пот}$.

Очевидно, что поступающую и потерянную нагрузки за период времени, в течение которого некоторые вызовы не были обслужены, измерить невозможно. В период времени, когда имеются свободные линии, $Y = Y_{обсл}$.

Поскольку соединительные тракты образуются, как правило, из нескольких ступеней искания, понятия поступающей, обслуженной и потерянной нагрузок могут быть отнесены и к коммутационной системе в целом, и к каждой ступени искания в отдельности.

Вызовы, производимые источниками нагрузки (абонентами), всегда поступают на вход первой ступени искания. Эту поступающую нагрузку иногда называют возникающей нагрузкой. Величину ее рассчитывают исходя из числа источников нагрузки N, среднего числа вызовов $\bar{c}$ на один источник нагрузки и средней длительности занятия коммутационных приборов первой ступени искания $\bar{t}$. Тогда величину возникающей нагрузки можно представить как

$$Y = N\bar{c}\,\bar{t}. \qquad (2.3)$$

Размерность телефонной нагрузки — время. Для того чтобы подчеркнуть, что величина нагрузки складывается из промежутков времени, соответствующих отдельным занятиям, единице измерения телефонной нагрузки присвоено название *часо-занятие* (ч-зан.). Одно часо-занятие — это нагрузка, которая может быть создана одним источником нагрузки (или обслужена одним соединительным устройством) при его непрерывном занятии в течение одного часа.

Если величину телефонной нагрузки (поступающей или обслуженной) отнести к продолжительности периода, для которого она была рассчитана или в течение которого она наблюдалась, то получают величину, называемую *интенсивностью нагрузки*. Единица интенсивности телефонной нагрузки названа *эрланг* в честь основоположника теории телефонного сообщения датского математика и инженера А. К. Эрланга. Один эрланг (Эрл) — это такая интенсивность нагрузки, при которой в течение одного часа будет обслужена нагрузка в одно часо-занятие. Интенсивность нагрузки, выраженная в эрлангах, представляет собой среднее число одновременно существующих занятий.

Рассчитывая величину интенсивности возникающей нагрузки при проектировании телефонных станций, обычно учитывают наличие различных категорий источников нагрузки (телефонные аппараты квартирные, учрежденческие, таксофоны и т. д.), т. е. учитывают структуру источников нагрузки, поскольку среднее число вызовов и средняя продолжительность занятий бывают различными для различных категорий источников. В этом случае ф-ла (2.3) может быть записана так:

$$Y = \sum_i N_i \bar{c}_i \bar{t}_i, \qquad (2.4)$$

где Y — интенсивность возникающей нагрузки; N_i, $\bar{c}_i \bar{t}_i$ — соответственно число источников, среднее число вызовов в единицу времени и средняя длительность занятий на один источник нагрузки i-й категории.

2.7. ПОНЯТИЕ О ЧАСЕ НАИБОЛЬШЕЙ НАГРУЗКИ

Наблюдения за величиной телефонной нагрузки, создаваемой одной и той же группой источников нагрузки, показывают, что интенсивность телефонной нагрузки изменяется в больших пределах. Особенно велики изменения по часам суток. На рис. 2.8 приведе-

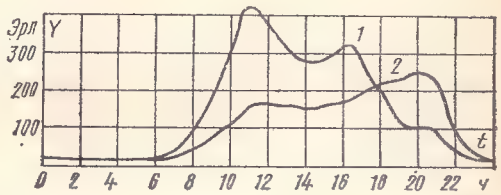


Рис. 2.8. Примерный график изменения интенсивности нагрузки двух АТС

ны типичные графики распределения интенсивности телефонной нагрузки по часам суток в нормальный рабочий день для двух АТС емкостью по 10 000 номеров: кривая *1* — АТС, обслуживающая деловую часть города, кривая *2* — АТС, обслуживающая жилой микрорайон. Максимальная нагрузка за один час на АТС1 составляет более 12% суточной нагрузки, а на АТС2 — 10%, достигая соответственно 420 и 230 Эрл, при этом час наибольшей нагрузки приходится на 11—12 и 19.30—20.30 ч. На величине нагрузки сказываются (только в значительно меньшей степени) и недельные (рабочие и выходные дни), и сезонные колебания.

Число соединительных устройств для всех ступеней искания принято определять для часа наибольшей нагрузки (ЧНН). Если число этих устройств будет рассчитано таким образом, чтобы с заданным качеством обслужить возникающие в ЧНН требования, то, естественно, это качество будет выдерживаться и во все другие периоды суток.

Под *часом наибольшей нагрузки* (ЧНН) понимают непрерывный интервал времени длительностью в один час, в течение кото-

рого интенсивность нагрузки, поступающей на телефонную станцию, достигает наибольшего значения. Определение положения ЧНН производится путем наблюдений за нагрузкой в рабочие дни в течение двух наиболее нагруженных месяцев в году. В дальнейшем, говоря о поступающей или обслуженной нагрузке и о качестве обслуживания, мы будем подразумевать, что речь идет об интенсивности нагрузки и качестве обслуживания в ЧНН. Вместо «интенсивности телефонной нагрузки» будем просто говорить «нагрузка».

2.8. КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ

Как было сказано ранее, не все поступающие вызовы могут быть обслужены немедленно из-за отсутствия в данный момент на том или ином участке тракта свободного соединительного пути. В этом случае в коммутационных системах, которые известны как системы с явными потерями, вызывающий абонент получает сигнал «Занято» и должен дать отбой. Такой необслуженный вызов называют потерянным вызовом, а самый факт необслуживания называют *отказом.*

В других коммутационных системах, известных как системы с ожиданием, абонент не получает сигнал «Занято», а ожидает освобождения одного из занятых соединительных путей, после чего соединение будет установлено. (Это не относится к случаю, когда занята линия вызываемого абонента.) Имеются также коммутационные системы, которые на некоторых участках тракта работают как системы с явными потерями, на других участках тракта — как системы с ожиданием. Число потерянных вызовов в системах с явными потерями и число ожидающих абонентов в системах с ожиданием могут быть использованы для характеристики *качества обслуживания.*

Качество обслуживания в системах с явными потерями характеризуется вероятностью потерь (или говорят просто — потерями), которая определяется как отношение числа потерянных вызовов к общему числу вызовов, поступивших на входы коммутационной системы:

$$P = \frac{C_{\text{пот}}}{C_{\text{пост}}} = \frac{C_{\text{пост}} - C_{\text{обсл}}}{C_{\text{пост}}}. \qquad (2.5)$$

Индексы при C означают потерянные, поступившие, обслуженные вызовы. Величиной потерь можно характеризовать и качество обслуживания коммутационной системы в целом (телефонной станции, телефонной сети) и качество обслуживания на отдельных участках соединительного тракта. С точки зрения абонентов желательно, чтобы число необслуженных вызовов было минимальным. Принято считать, что вероятность потерь, определенная вышеуказанным образом, на всем соединительном тракте городских телефонных сетей $P \leqslant 0{,}02 \div 0{,}03$. Такое качество обслуживания абонентов оценивается как вполне удовлетворительное.

Потери, допускаемые для соединительного тракта в целом, складываются из потерь на каждом из коммутационных участков (ступеней искания), входящих в состав этого тракта. При небольших значениях потерь на отдельных участках считают, что

$$P = p_1 + p_2 + \cdots + p_s, \tag{2.6}$$

где p_1, p_2, ..., p_s — потери, допускаемые на 1, 2, ..., s-й ступени искания. Указывать величину потерь можно в долях единицы, в процентах и в промиллях, например, $p=0{,}005$; $p=0{,}5\%$; $p=5‰$.

2.9. СТРУКТУРА ПУЧКОВ ЛИНИЙ

В предыдущих разделах было указано, что число линий или приборов, которое необходимо иметь на каждом участке соединительных трактов, определяется величиной поступающей нагрузки и установленной для этого участка нормой качества обслуживания вызовов. Помимо этих факторов, на число линий влияют: способ подключения линий к выходам коммутационных приборов, образующих ступень искания, или, иначе, структура пучков обслуживающих линий и величина пучков, т. е. число линий, которые объединяются в один пучок.

Пучком линий принято называть совокупность линий, принимающих нагрузку от некоторой определенной группы источников нагрузки, для передачи ее в одном определенном направлении. Все линии одного пучка выполняют строго одинаковые функции. Они, как правило, соединяют группу выходов предыдущей ступени искания с входами последующей ступени искания.

Пусть ступень искания (рис. 2.9*а*) имеет N входов (источников нагрузки) и общая поступающая на входы этой ступени искания нагрузка, равная Y, распределяется по трем направлениям, напри-

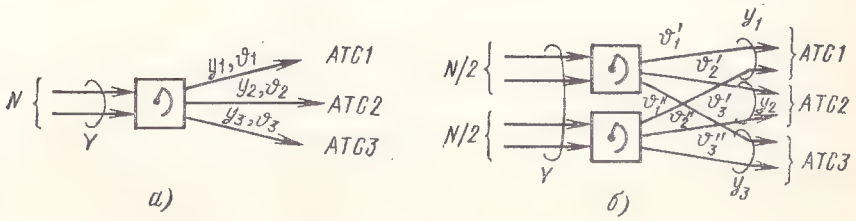


Рис. 2.9. Деление пучков линий

мер к трем различным АТС (1, 2, 3). Эти нагрузки, равные y_1, y_2, y_3 (при отсутствии потерь $y_1+y_2+y_3=Y$), обслуживаются соответственно v_1, v_2, v_3 соединительными линиями. В этом случае мы говорим, что *исходящая* нагрузка данной ступени искания (нагрузка от N источников) обслуживается тремя пучками исходящих линий. Если по какой-либо причине (например, вследствие малой емкости контактного поля коммутационных приборов, образующих

ступень искания) входы ступени искания разделены на две группы, например по $N/2$ источников в каждой группе, и нагрузки в каждом направлении будут обслуживаться двумя обособленными и взаимно не связанными пучками линий v'_1 и v''_1, v'_2 и v''_2, v'_3 и v''_3, то мы говорим, что каждая из нагрузок y_1, y_2, y_3 обслуживается двумя пучками линий (рис. 2.9*б*). Как будет показано в дальнейшем, при тех же поступающих на направления *1, 2, 3* нагрузках и том же качестве обслуживания будут иметь место соотношения:

$$v'_1 + v''_1 > v_1;\ v'_2 + v''_2 > v_2;\ v'_3 + v''_3 > v_3.$$

Следовательно, средняя нагрузка, обслуживаемая каждой линией, во втором случае будет меньшей. Величину Эрл, представляющую собой отношение нагрузки y, обслуженной пучком линий, к их числу v при заданном качестве обслуживания

$$\eta = y/v, \qquad (2.7)$$

называют *средней пропускной способностью* линий или *средним использованием*. Очевидно, чем выше среднее использование линий, тем бо́льшую нагрузку может пропустить тот же пучок линий при том же качестве обслуживания или же заданную нагрузку можно обслужить меньшим пучком линий. Естественно, что почти всегда среднее использование линий стремятся повысить. На городских телефонных сетях при использовании на АТС декадно-шагового оборудования считают удовлетворительным, если пучки линий, образующих соединительные тракты, имеют среднее использование линий, равное 0,6—0,65 Эрл.

Пример. Пусть $N=100$ и удельная нагрузка, создаваемая каждым источником нагрузки, $y = 0{,}24$ Эрл. Общая нагрузка, поступающая на входы ступени искания, $Y=Ny=100\cdot 0{,}24=24$ Эрл. Предположим, что на этой ступени искания нагрузка распределяется поровну по трем направлениям — к АТС1, 2 и 3. Задавшись потерями $p=0{,}005$ и зная коммутационные возможности ступени искания, мы, пользуясь одним из простейших методов расчета, найдем, что для обслуживания нагрузки, поступающей на каждое направление $y_н=24:3=8$ Эрл, потребуется иметь $v_1=16$ линий. Среднее использование линий в каждом из пучков составит $\eta_1=8/16=0{,}5$ Эрл.

Если же источники нагрузки мы разделим на две группы по $N=50$, каждая из которых будет обслуживаться отдельными группами коммутационных приборов, то нагрузка $y_н=8$ Эрл теперь будет передаваться двумя пучками линий (см. рис. 2.9*б*). На каждый из этих пучков поступит нагрузка, равная 4 Эрл, для обслуживания которой с тем же качеством потребуется 10 линий, т. е. всего по направлению к каждой АТС необходимо будет иметь $v_2=10\cdot 2=20$ линий. Среднее использование линий составит в этом случае $\eta_2=4/10=0{,}4$ Эрл.

Таким образом, одна и та же нагрузка 8 Эрл с одинаковым качеством будет обслуживаться в первом случае 16 линиями, во втором — 20 линиями. Если бы мы разделили источники нагрузки на четыре отдельные группы, то в каждом пучке потребовалось бы по семь линий (а всего $7\cdot 4=28$ линий) и их среднее использование уменьшилось бы до $\eta_3=0{,}286$ Эрл.

Мы видим, что при одном и том же качестве обслуживания средняя пропускная способность линий зависит от величины нагрузки, поступающей на пучок линий, и, следовательно, от числа линий в пучке. Чем выше нагрузка, обслуживаемая одним пучком

линий, и, следовательно, чем большее число линий должно быть в этом пучке, тем более высокое среднее использование линий можно получить, сохраняя при этом одно и то же качество обслуживания.

Цифры, характеризующие среднюю пропускную способность линий, приведенные в этом примере, справедливы при условии, что каждый из источников нагрузки в своей группе (назовем ее *нагрузочной группой*) может быть подключен к любой из линий обслуживающего пучка. Это значит, что каждая линия такого пучка доступна для всех источников нагрузки своей нагрузочной группы. Такой пучок линий называют *полнодоступным* (ПД) пучком линий. Отказы в установлении соединений в ПД пучке возникают только тогда, когда все v линий этого пучка заняты.

Чтобы пучок обслуживающих линий был полнодоступным, необходимо, чтобы каждый источник нагрузки, т. е. каждый вход ступени искания, заканчивался коммутационным прибором, например искателем, число выходов которого в требуемом направлении (емкость контактного поля) было бы равным или бо́льшим числа линий в пучке. Если каждый вход заканчивается декадно-шаговым искателем, число выходов которого (контактов) в каждой декаде $D=10$, то пучок линий будет полнодоступным только при $v\leqslant 10$.

Число линий D, доступных каждому отдельному входу ступени искания из общего числа v линий, обслуживающих данное направление, называют *доступностью* пучка линий. В тех случаях, когда $v>D$, появляется необходимость деления входов ступени искания (источников нагрузки) на большее или меньшее число нагрузочных групп, каждая из которых могла бы обслуживаться D линиями из общего числа линий v, требующихся в данном направлении. Минимальное число нагрузочных групп, очевидно, равно $g=v/D$. Например, если $D=10$ и $v=20$, минимальное число нагрузочных групп будет равно двум, и мы получим два отдельных полнодоступных пучка по 10 линий в каждом. При потерях $p=0{,}005$ каждый из таких отдельных пучков пропустит (как это мы увидим в дальнейшем) нагрузку почти 4 Эрл и среднее использование линий составит $\eta=y/v=4/10=0{,}4$ Эрл, а всего $v=20$ линий смогут обслужить $Y=\eta v=0{,}4\cdot 20=8$ Эрл. На рис. 2.10*а* показана схема включения пучка из $v=20$ линий в выходы двух нагрузочных групп при $D=10$.

Если мы разделим источники нагрузки на бо́льшее число нагрузочных групп, то можно будет увеличить среднее использование линий, а значит, и нагрузку, обслуживаемую пучком из $v=20$ линий с помощью *неполнодоступного* (НПД) включения этих линий. На рис. 2.10*б* показана схема такого включения для случая, когда $D=10$, $v=20$ и $g=4$. Все N источников нагрузки разделены на $g=4$ одинаковые нагрузочные группы по $N/4$ источников, каждая из которых создает в требуемом направлении одинаковую нагрузку. Каждый источник нагрузки может подключать-

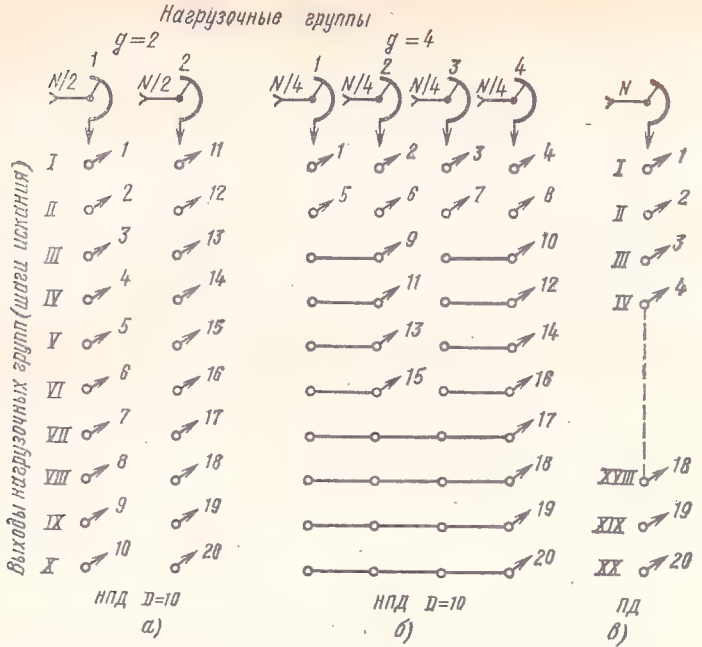


Рис. 2.10. Различные способы включения пучка линий $v=20$

ся к любой из 10 линий, обслуживающих ту нагрузочную группу, в состав которой он входит. Мы видим, что некоторые из $v=20$ линий обслуживают только одну нагрузочную группу (например, линии *1, 2, ..., 7, 8*), другие — две группы (линии *9, 10, ..., 15, 16*), а линии *17, 18, 19* и *20* обслуживают все четыре нагрузочные группы.

Выходы нагрузочных групп занимаются всегда в одной и той же последовательности — I, II, III, ..., IX, X, причем выходы с бо́льшим номером занимаются только тогда, когда среди линий, подключенных к предыдущим выходам, нет ни одной свободной. (Такой способ занятия выходов характеризует так называемое *упорядоченное искание.*) Поэтому совершенно очевидно, что нагрузка, обслуживаемая отдельными выходами по мере увеличения номера выхода, уменьшается. Отсюда можно сделать вывод, что если к первым двум-трем выходам (шагам искания) в каждой нагрузочной группе подключены отдельные линии обслуживающего пучка, то на последующих шагах искания целесообразно объединять нагрузки, поступающие от нескольких нагрузочных групп, вплоть до объединения на последних шагах искания всех нагрузочных групп. Приведенная на рис. 2.10*б* схема НПД включения $v=20$ линий в выходы $g=4$ нагрузочных групп с доступностью $D=10$ позволяет обслужить с теми же потерями $p=0{,}005$ нагрузку, равную 9,9 Эрл. Среднее использование линий повысится до $\eta=y/v=9{,}9/20=0{,}495$ Эрл.

Укажем здесь, что если использовать в этом случае искатели с $D=20$ выходами и, следовательно, было бы возможно включить пучок из $v=20$ линий полнодоступно (рис. 2.10*в*), то при тех же потерях такой пучок пропустил бы нагрузку, равную 11 Эрл, и среднее использование линий увеличилось бы до 0,55 Эрл. На рис. 2.10 нагрузочные группы показаны дужками со стрелками с указанием номера группы (1, 2, 3, 4), выходы, доступные каждой нагрузочной группе (шаги искания), показаны кружками на направлении каждой стрелки (I, II, ..., IX, X). Линии пучка, принимающего нагрузку, $v=20$ показаны пронумерованными стрелками (1, 2, ..., 19, 20) от соответствующих выходов. Схему, подобную приведенной на рис. 2.10*б*, называют схемой *прямого ступенчатого включения* неполнодоступного пучка линий.

Теперь мы можем сформулировать некоторые определения.

1. Полнодоступным (ПД) пучком линий, предназначенным для обслуживания нагрузки, поступающей по некоторому направлению, называют пучок, каждая линия которого доступна любому источнику нагрузки.

2. Нагрузочной группой называют совокупность источников, нагрузка которых в данном направлении обслуживается одними и теми же линиями, число которых равно доступности.

3. Доступность D — число линий обслуживающего пучка, к которым может подключаться любой из источников нагрузки, входящих в состав одной нагрузочной группы. Для систем с электромеханическими искателями D — это число контактов (шагов искания), через которые может устанавливаться соединение в одном направлении.

4. Неполнодоступный (НПД) пучок линий — это пучок линий, в котором каждому из источников нагрузки, обслуживаемых этим пучком, доступна только некоторая часть линий пучка. Их число равно доступности.

5. Прямое ступенчатое включение линий — это включение линий в НПД пучке, при котором число нагрузочных групп, обслуживаемых одной линией пучка, ступенчато возрастает с увеличением номера выхода (шага искания) нагрузочной группы. Такое включение НПД пучков применяют при использовании упорядоченного способа искания выходов.

2.10. ВЛИЯНИЕ ДОСТУПНОСТИ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ПУЧКОВ ЛИНИЙ

Из предыдущего следует, что отказы в установлении соединений при полнодоступном включении линий могут наступать только при занятости всех V линий обслуживающего пучка. При неполнодоступном включении отказы возникают и в случае, если заняты все D линий, доступных той из нагрузочных групп, в которой появился вызов. Это значит, что в данный момент могут иметься свободные линии в требуемом направлении, но доступные источникам других нагрузочных групп. Если бы в не-

полнодоступном пучке появилась возможность выбора среди бо́льшего числа линий, т. е. увеличилась доступность, то очевидно, что число отказов уменьшилось бы и пропускная способность тех же v линий при том же качестве обслуживания увеличилась.

Значит, один пучок линий при заданном качестве обслуживания может пропустить тем бо́льшую нагрузку, чем большее значение имеет доступность. Максимальная величина пропускаемой нагрузки может иметь место при $D=V$ (или при $D>V$), т. е. когда пучок обслуживающих линий стал полнодоступным. Методы расчета пропускной способности полнодоступных и неполнодоступных пучков линий излагаются подробно в курсе «Теория телетрафика». Здесь же мы приведем для иллюстрации сказанного кривые, характеризующие зависимость среднего использования линий неполнодоступных и полнодоступных пучков от числа линий в пучке и от величины доступности (рис. 2.11) при постоянном качестве обслуживания $p = 0{,}005$. Анализируя эти зависимости, мы, прежде всего, видим, что с увеличением числа линий в обслуживающих пучках при одном и том же качестве обслуживания средняя величина использования линий увеличивается. Это значит что если по какому-либо направлению необходимо передать некоторую нагрузку Y, то это выгоднее осуществить одним пучком линий, чем двумя или тремя пучками линий. Кривые рис. 2.11, однако, убеждают нас в том, что при числе линий в пучке, приближающемся к $V = 100$ и более, прирост среднего использования линий замедляется и укрупнение пучков линий сверх $V = 100$ не дает значительного экономического эффекта. Кривая *1* характеризует зависимость среднего использования линий для полнодоступного пучка, кривые *2*—*4* — для неполнодоступных пучков с доступностями соответственно $D = 30$, 20 и 10.

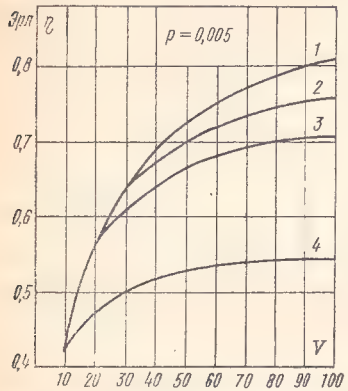


Рис. 2.11. Графики зависимости среднего использования линий от числа линии в пучке:
1 — $D=V$; *2* — $D=30$; *3* — $D=20$; *4* — $D=10$

Переход от доступности 10 к доступностям 20 и 30 дает существенное повышение коэффициента использования. Например, для числа линий $V=50$ мы получаем:

$$\eta_{D=10}=0{,}518;\ \eta_{D=20}=0{,}656;\ \eta_{D=30}=0{,}696;\ \eta_{\text{пд}}=0{,}72.$$

Естественно, что при $V\leqslant 30$ кривая *2* совпадает с кривой *1*, поскольку при $V\leqslant D$ пучок становится полнодоступным. То же можно сказать о кривой *3* и кривой *4* при значениях $V\leqslant 20$ и $V\leqslant 10$. Как мы видим, особенно заметно возрастает среднее использование (а следовательно, уменьшается и число линий для обслуживания передаваемой нагрузки) при переходе от $D=10$ к $D=20$. Этим объясняется тот факт, что коммутационные приборы неко-

торых электромеханических систем АТС обеспечивают доступность $D=20$. Такую же доступность имеют искатели машинной системы. Только в одной из ранее применявшихся систем АТС («Ротари») использовались искатели с еще более высокой доступностью $D=30$.

Анализируя кривые, приведенные на рис. 2.11, мы можем сделать следующие выводы. Если все или большинство пучков линий, образующих соединительные телефонные тракты в автоматических коммутационных системах, будут достаточно крупными (порядка $V=100$) и полнодоступными, то среднее использование линий этих пучков при приемлемых нормах качества обслуживания ($p=0{,}005$) может достигать $\eta=0{,}8$, а в некоторых случаях (при повышенных потерях) и большего значения.

В то же время, если коммутационная система позволяет образовать пучки линий с доступностью $D=10$ и будет спроектирована таким образом, что число линий в пучках будет невелико (например, 25—30 линий), то мы получим среднее использование линий на уровне $\eta=0{,}5$. Следовательно, один и тот же объем оборудования при ПД пучках и $V=100$ может обслужить нагрузку, примерно в 1,5 раза бо́льшую, нежели при НПД пучках с $D=10$ и $V=25$—30.

2.11. ЧИСЛО ОБСЛУЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Как установлено ранее, число обслуживающих устройств (искателей, приборов, линий) в автоматических телефонных станциях зависит от интенсивности поступающей на эти устройства нагрузки; желаемого качества обслуживания (нормы потерь); способов подключения пучков линий, групп приборов, обслуживающих устройств к выходам ступеней искания (ПД и НПД включения). Для общего представления о численных соотношениях между указанными параметрами на рис. 2.12 приведены графики зависимости числа обслуживающих устройств (линий) от поступающей нагрузки для НПД включения с доступностями $D=10$ и $D=20$ и ПД включения $D=V$, при потерях $p=0{,}005$ и $p=0{,}01$. Данные этих графиков рассчитаны для условий включения пучков линий в *неблокирующие* ступени искания (однозвенные). Эти ступени обеспечивают сохранение полнодоступности пучка и неизменность фиксированных доступностей $D=10$, $D=20$ при НПД включении независимо от того, сколько соединений и по каким направлениям в данный момент времени установлено на этой ступени искания.

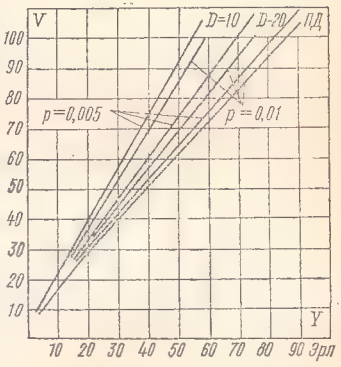


Рис. 2.12. Графики зависимости числа линий от поступающей нагрузки

Как мы видим, чем выше доступность и чем выше допустимые потери, тем меньшее число линий требуется для обслуживания одной и той же нагрузки. Эффективность перехода на более высокую доступность, например с $D=10$ на $D=20$, увеличивается с увеличением поступающей нагрузки. Почти линейная зависимость числа линий от нагрузок позволяет аппроксимировать эти зависимости простыми уравнениями вида

$$V = \alpha Y + \beta. \tag{2.8}$$

Так, для $D = 10$ и $p = 0{,}005$ $V = 1{,}7Y + 3{,}3$; (2.9)

для $D = 20$ и $p = 0{,}005$ $V = 1{,}3Y + 5{,}6$; (2.10)

для $D = V$ и $p = 0{,}005$ $V = 1{,}14Y + 7{,}0$. (2.11)

При расчетах по этим формулам число линий округляется до большего целого значения. Следует иметь в виду, что ф-лы (2.9) и (2.10) и соответствующие им графики рис. 2.12 могут быть отнесены только к таким схемам НПД включения, которые удовлетворяют условию

$$\gamma = \frac{gD}{V} \geqslant 2. \tag{2.12}$$

Величину γ, характеризующую соотношение между числом выходов ступени искания в данном направлении и числом обслуживающих его линий, называют *кроссировочным отношением* (коэффициентом уплотнения). При значениях $\gamma<2$ среднее использование линий уменьшается и при $gD=V$ пучок линий распадается на g отдельных ПД пучков по D линий в каждом, как это мы видим на примере рис. 2.9*а*, и использование линий становится таким же, как в ПД пучке из D линий. Верхнее значение для коэффициента γ не рекомендуется иметь более 4—6 во избежание усложнения реализации схемы НПД включения.

ГЛАВА 3

ПОСТРОЕНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ

3.1. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СТУПЕНЕЙ ИСКАНИЯ

Основными видами оборудования, определяющими структуру коммутационного узла, являются коммутационная система *КС* и устройство управления *УУ*. Рациональное построение *КС* и *УУ* позволяет при минимальных затратах оборудования обеспечить требуемое качество обслуживания вызовов. Способ построения *КС* узла в значительной степени влияет на структуру *УУ*, которые, в свою очередь, могут оказать воздействие на выбор оптимального варианта построения *КС*.

Коммутационные системы, используемые в узлах связи, различаются емкостью, которая определяется числом входящих N и исходящих M каналов (или линий), способом разделения каналов, типом коммутационных приборов, используемых для коммутации, режимом искания, структурой построения (числом ступеней и звеньев коммутации), пропускной способностью и потерями сообщений. Коммутационные системы могут строиться с использованием как одного признака разделения каналов, например пространственного, так и одновременно нескольких признаков, в частности, тех, которые применяются для уплотнения линий.

Наибольшее распространение получили *КС* с пространственным разделением каналов, которые используются в автоматических телефонных станциях для местной междугородной связи, в станциях абонентского телеграфа и т. д. В настоящее время ведутся работы по созданию *КС* с использованием пространственно-временно́го и пространственно-частотного способов разделения каналов.

Коммутационная система узла строится обычно из отдельных частей. На рис. 3.1 показана *КС*, состоящая из трех частей: *a*, *b*, *c*, осуществляющая соединение любого из N входов с любым из выходов через внутристанционные линии V_1, V_2. В первой части *КС* (*a*) осуществляется переход от большого числа входов (например,

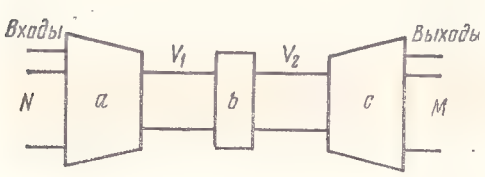


Рис. 3.1. Коммутационная система узла связи

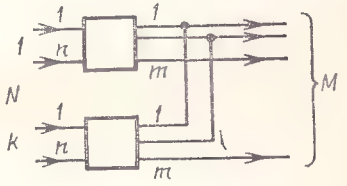


Рис. 3.2. Ступень искания

абонентских линий) N с малым средним использованием линий к меньшему числу внутристанционных линий V_1 с более высоким использованием, поскольку они являются линиями коллективного пользования для всех N входов (линий) и предоставляются последним по мере необходимости в установлении соединения. В последующей части *КС* (*b*) внутристанционные линии V_1 коммутируются с V_2, и в последней части *КС* (*c*) осуществляется переход от V_2 линий к требуемому числу выходов M.

Соотношение между числом линий следующее:

$$N > V_1;\ V_1 \approx V_2;\ V_2 < M.$$

Отдельные части *КС* одновременно с коммутацией линии могут осуществлять еще и дополнительные функции, например, часть *КС* (*a*) выполняет функцию сжатия, а часть (*c*) — функцию расширения. Часть (*b*) в некоторых случаях также может выполнять

функции сжатия или расширения в зависимости от расчетного числа линий V_1 и V_2.

Следует отметить, что в зависимости от назначения коммутационного узла коммутационная схема может строиться без сжатия и расширения, только со сжатием или только с расширением. Причиной разделения *КС* на отдельные части может быть не только различие выполняемых коммутационных функций, но и способов установления соединения. В том случае, если в каждой из приведенных на рис. 3.1 частей *КС* соединение устанавливается независимо от наличия соединительных путей к требуемому выходу в последующих частях *КС*, то указанные части представляют собой *ступени искания*. Ступени искания, в свою очередь, состоят из соединенных между собой однотипных коммутационных блоков. Под *коммутационным блоком* понимают совокупность коммутационных приборов, имеющих все или часть общих выходов. Соответствующим объединением входов или выходов коммутационных приборов можно получить коммутационные блоки для построения *КС* или ее отдельных частей.

На рис. 3.2 показана схема ступени искания, состоящая из k коммутационных блоков. Для уяснения принципа построения *КС* узлов из отдельных частей и коммутационных блоков рассмотрим способы их построения посредством различных коммутационных приборов. Коммутационные приборы различаются между собой структурными параметрами, к которым относятся: количество входов, выходов, доступность входов по отношению к выходам, проводность.

В соответствии со структурными параметрами используемые в настоящее время в технике автоматической коммутации коммутационные приборы можно разделить на четыре типа (рис. 3.3).

1. Коммутационные приборы, имеющие один коммутируемый вход и один выход (рис. 3.3*а*). Условимся обозначать количество входов и выходов коммутационного прибора в круглых скобках, где первая цифра означает число входов, а вторая — число выходов, следовательно, коммутационный прибор первого типа обозначается как (1×1). К входу и выходу прибора подключаются коммутируемые линии. Такой прибор имеет два состояния, в одном из которых соединения между входом и выходом нет, а в другом они соединены между собой. Переход прибора из одного состояния в другое осуществляется под воздействием сигнала, поступающего на управляющий вход R из устройств управления. К этому типу коммутационных приборов относятся реле (электромагнитные, герконовые и др.), а также транзисторы, тиратроны и др. На рис. 3.3*б, в* показано соответственно координатное и символическое изображения прибора типа (1×1).

2. Коммутационные приборы типа $(1\times m)$, имеющие один вход и m выходов (рис. 3.3*г, д, е*). В таком приборе можно получить соединение входа с любым из m выходов, при этом одновременно может быть установлено только одно соединение. К этому типу коммутационных приборов относятся шаговые искатели (ШИ-11,

ШИ-17), декадно-шаговые искатели (ДШИ-100), машинные искатели и др.

3. Коммутационные приборы типа ($n \times nm$), имеющие n входов и nm выходов (рис. 3.3*ж, з, и*), где каждому входу доступны только m определенных выходов. Такой прибор представляет собой конструктивное объединение n устройств с одним входом и m выходами, т. е. n ($1 \times m$). Одновременно в таком приборе может быть установлено n соединений. К этим приборам относятся многократные координатные соединители (МКС разных типов) и кодовые соединители.

4. Коммутационные приборы типа ($n \times m$), имеющие n входов и m выходов (рис. 3.3*к, л, м*), в которых может быть установлено соединение любого из n входов с любым из m выходов, причем одновременно может быть установлено n соединений, если $n \leqslant m$, или m, если $n > m$. К этому типу приборов относятся герконовые и электронные соединители. В коммутационном приборе соединение входа с выходом осуществляется через *коммутационный элемент*, который может быть выполнен в виде металлического контакта (например, контакта реле, контакта между щеткой и ламелью искателя) или в виде электронной схемы, обеспечивающей замкнутое или разомкнутое состояние цепи, которая через нее проходит. На рис. 3.3*л* показан релейный контакт, посредством которого вход n соединяется с выходом 2. В некоторых случаях для обозначения коммутационного элемента в месте пересечения входа с выходом ставят звездочку, как это показано на рис. 3.3*л*. Условно это место называют *точкой коммутации*.

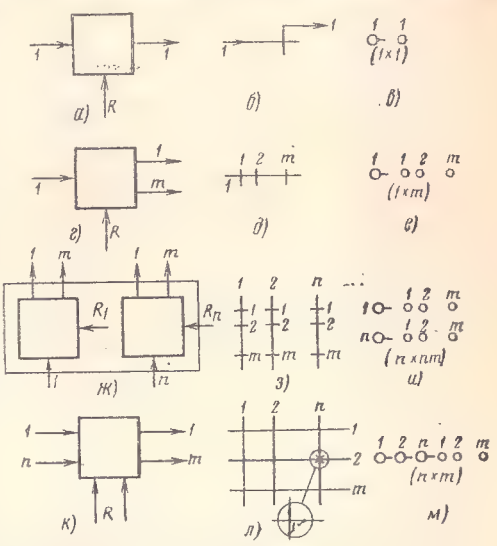


Рис. 3.3. Типы коммутационных приборов и их условные изображения:
а), б), в) прибор типа (1×1); *г), д), е)* прибор типа ($1 \times m$); *ж), з), и)* прибор типа ($n \times nm$); *к), л), м)* прибор типа ($n \times m$)

Если в точке коммутации устанавливается не один коммутационный элемент, а *коммутационная группа* из нескольких коммутационных элементов, переключаемых одновременно при установлении соединения между входом и выходом, то проводность коммутационного прибора определяется числом коммутационных элементов в коммутационной группе. Следовательно, проводность линий, подключаемых к входам и выходам коммутационных приборов, не должна превышать проводности прибора.

При образовании коммутационных блоков посредством коммутационных приборов входы и выходы могут меняться местами. Так, в коммутационный прибор типа $(1\times m)$ можно включить m входов и один выход. В этом случае обозначать прибор на схемах следует как $(m\times 1)$. Аналогичным образом можно обозначить прибор типа $(n\times m)$ как прибор типа $(m\times n)$ и т. п.

3.2. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ БЛОКОВ

Объединяя определенным образом коммутационные приборы, можно получить коммутационные блоки *КБ*, обладающие теми или иными структурными параметрами. От структурных параметров и их соотношения зависят пропускаемая нагрузка блока и потери сообщения, которые могут иметь место при установлении соединения через данный блок.

При построении коммутационных блоков с требуемыми структурными параметрами из отдельных коммутационных приборов могут выполняться следующие операции: объединение входов, объединение выходов, последовательное соединение коммутационных приборов, т. е. выход одного коммутационного прибора соединяется с входом другого. Коммутационные блоки могут быть построены с использованием одновременно нескольких операций. Иногда требуемые коммутационные блоки получают, выполняя эти операции с входами и выходами одного коммутационного прибора, например МКС.

Рассмотрим подробнее образование блоков. В коммутационном блоке включение выходов по отношению к входам может быть полнодоступным или неполнодоступным.

Полнодоступным включением называется такое, при котором любой вход блока можно соединить с любым свободным выходом. Если вход можно соединить только с определенной частью выходов блока, то такое включение называется *неполнодоступным*. Число выходов блока, с которыми вход блока может получить соединение, называется *доступностью D*.

Объединение входов. Коммутационные блоки (и их условные изображения), полученные путем объединения (запараллеливания) входов коммутационных приборов разных типов, показаны на рис. 3.4. При объединении входов двух приборов типа (1×1) (рис. 3.4*а, б, в*) получаем коммутационный блок типа $[1\times 2]$, в котором входу будут доступны уже два выхода $D=2$. Параметры коммутационного блока условно будем обозначать в квадратных скобках, где первая цифра означает число входов, а вторая — число выходов. Объединяя входы у соответствующего количества коммутационных приборов данного типа можем получить коммутационный блок с требуемым числом выходов.

При объединении входов двух коммутационных приборов типа $(1\times m)$ получим коммутационный блок типа $[1\times 2m]$ (рис. 3.4*г, д, е*), в котором вход имеет доступ к $2m$ выходам $(D=2m)$. При объединении входов двух приборов типа $(n\times nm)$ по-

лучаем коммутационный блок типа $[n \times 2nm]$ (рис. 3.4*ж*, *з*, *и*), в котором каждый вход имеет доступ к определенным $2m$ выходам. Аналогично объединяя одноименные входы у двух коммутацион-

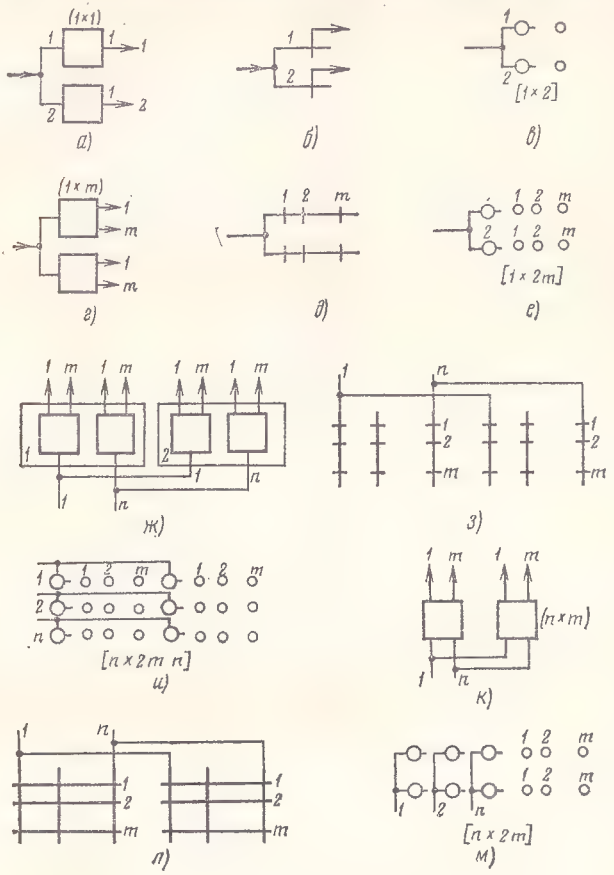


Рис. 3.4. Коммутационные блоки, полученные путем объединения входов, и их условные обозначения:
а), б), в) **блок** $[1 \times 2]$; *г), д), е)* **блок** $[1 \times 2m]$; *ж), з), и)* **блок** $[n \times 2nm]$; *к), л), м)* **блок** $[n \times 2m]$

ных приборов типа $(n \times m)$, получаем коммутационный блок типа $[n \times 2m]$ (рис. 3.4*к*, *л*, *м*), в котором каждый вход имеет доступ к $2m$ выходам ($D = 2m$). При изображении коммутационных блоков управляющего входа R обычно не показывают, если это не нужно при описании действия схемы.

Анализируя структуру коммутационных блоков, полученных путем объединения входов коммутационных приборов, можно сделать вывод, что объединение входов приводит к увеличению доступности D входов по отношению к выходам. Следовательно, для построения коммутационного блока требуемой доступности с ис-

пользованием коммутационных приборов, обладающих меньшей доступностью, необходимо производить объединение входов у соответствующего количества коммутационных приборов. Однако увеличение доступности D путем объединения входов требует увеличения объема оборудования, т. е. увеличения числа коммутационных приборов.

Объединение выходов. На рис. 3.5 показано объединение (запараллеливание) выходов у нескольких коммутационных приборов. Объединяя выходы в группе из k коммутационных при-

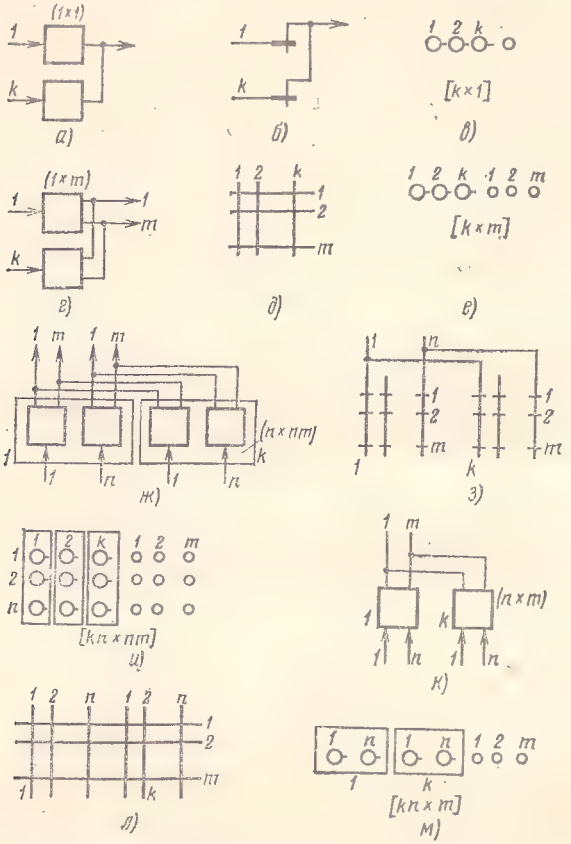


Рис. 3.5. Коммутационные блоки, полученные путем объединения выходов, и их условные изображения: *а), б), в)* блок $[k\times1]$; *г), д), е)* блок $[k\times m]$; *ж), з), и)* блок $[kn\times nm]$; *к), л), м)* блок $[kn\times m]$

боров, получаем коммутационный блок, в котором входы всех коммутационных приборов имеют доступ к одной и той же группе выходов. При этом максимальное число одновременных соединений в таком блоке определяется числом выходов, если число входов

больше числа выходов, или числом входов, если последних меньше числа выходов.

Из k приборов (1×1) получаем коммутационный блок $[k\times1]$ (рис. 3.5*а, б, в*); из k приборов типа $(1\times m)$ — блок $[k\times m]$ (рис. 3.5*г, д, е*); из k приборов типа $(n\times nm)$ — блок $[kn\times nm]$ (рис. 3.5*ж, з, и*) и из k приборов типа $(n\times m)$ — блок $[kn\times m]$ (рис. 3.5*к, л, м*).

На рис. 3.6*а, б* показаны коммутационные блоки, полученные путем объединения входов и выходов нескольких коммутационных приборов. Такое объединение может быть вызвано необходимостью повышения надежности коммутационных блоков за счет

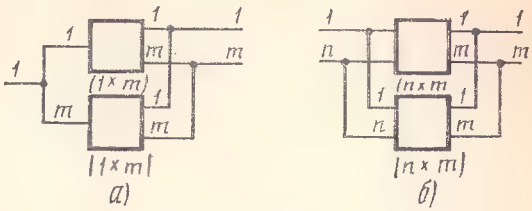


Рис. 3.6. Коммутационные блоки с объединенными входами и выходами:
а) блок $[1\times m]$; *б*) блок $[n\times m]$

параллельного соединения входа с выходом через разные коммутационные приборы. Если первый коммутационный прибор на рис. 3.6*а* неисправен, то соединение может быть осуществлено через второй прибор. Причем в зависимости от способа обеспечения надежности могут одновременно работать оба прибора либо только один, при этом второй только в том случае, если первый окажется неисправным.

В рассмотренных коммутационных блоках (см. рис. 3.4, 3.5 и 3.6) соединение между входами блоков и выходами осуществлялось через одну коммутационную точку (коммутационный элемент или коммутационную группу), поэтому такие коммутационные блоки называются *однозвенными,* так как между входом и выходом при установлении соединения имеется одно звено соединения.

Последовательное соединение коммутационных приборов. Коммутационные блоки могут быть построены путем последовательного соединения выходов одних коммутационных приборов с входами других, как это показано на рис. 3.7. При последовательном соединении коммутационных приборов увеличивается доступность входов по отношению к выходам блока. Так, если при построении коммутационного блока осуществляется последовательное соединение приборов типа $(1\times m)$ (рис. 3.7*а*), то доступность увеличивается от m до m^2. Аналогичное увеличение доступности имеет место при последовательном соединении приборов типа $(n\times nm)$ (рис. 3.7*б*) и приборов типа $(n\times m)$ от m до m^2 (рис. 3.7*в*). В таких блоках вход и выход соединяются через две точки коммутации, между которыми имеется промежуточная линия (ПЛ). Совокупность коммутационных приборов, в которых вход соединяется с промежуточной линией, называют звеном *А*, а

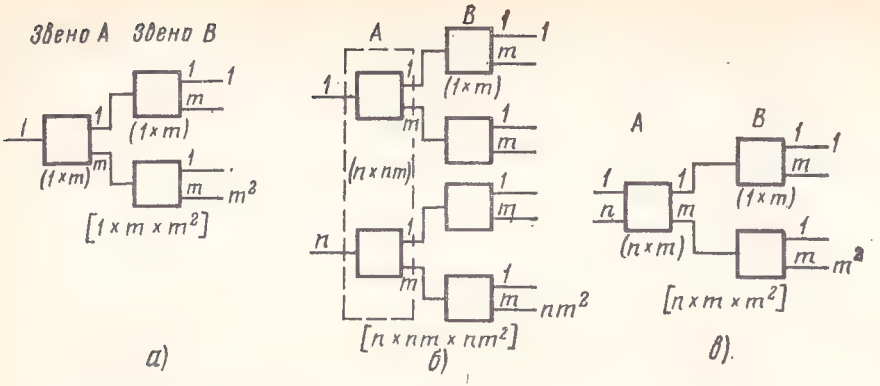


Рис. 3.7. Звеньевые коммутационные блоки:
а) блок $[1\times m\times m^2]$; *б)* блок $[n\times nm\times nm^2]$; *в)* блок $[n\times m\times m^2]$

коммутационных приборов, где промежуточная линия соединяется с выходом блока,— звеном *В*. Такие блоки получили название *двухзвенных блоков* (в некоторых литературных источниках их называют двухкаскадными). Поэтому при указании типа блока его характеризуют тремя параметрами: n — число входов, v — число промежуточных линий и m — число выходов. (В более крупных блоках структурные параметры обозначаются прописными буквами, например, *N, V, M.*) В соответствии с этим двухзвенный блок рис. 3.7*в* будет иметь следующие структурные параметры $[n\times v\times m^2]$, где $v=m$. Как видно из сравнения схем рис. 3.7 и рис. 3.4, они обеспечивают увеличение доступности, но в первом случае это достигается объединением входов, а во втором — последовательным соединением коммутационных приборов.

Коммутационные блоки можно строить и на большее число звеньев, соединяя последовательно выходы предыдущего блока с входами последующих. В многозвенных схемах иногда звенья обозначают не заглавными буквами *A, B, C*, ..., а арабскими *1, 2, 3*,... ... или римскими цифрами I, II, III, ... Из отдельных коммутационных блоков можно строить более сложные коммутационные блоки требуемой структуры для построения коммутационной системы узлов или отдельных ее частей, например ступеней искания. Простейшим коммутационным блоком является *коммутатор*, представляющий собой однозвенный, полнодоступный коммутационный блок типа $[n\times m]$. Посредством коммутаторов строят более крупные коммутационные блоки с заданными структурными параметрами.

Коммутатор может быть построен посредством коммутационных приборов разных типов путем объединения входов и выходов, как это показано на рис. 3.8. Для построения коммутатора на n входов и m выходов посредством коммутационных приборов типа (1×1) потребуется nm приборов. Для образования n входов у каждой группы из m приборов объединены входы для получения

m выходов от каждой группы. Одноименные выходы всех групп объединяются для получения m общих выходов из блока рис. 3.8*а*. Для получения коммутатора посредством приборов типа $(1\times m)$ потребуется n приборов, у которых следует объединить одноимен-

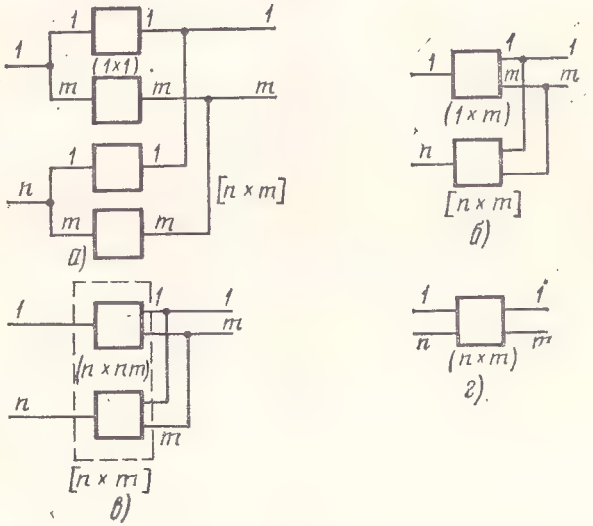


Рис. 3.8. Схемы коммутаторов:
а) на приборах типа (1×1); *б*) на приборах типа $(1\times m)$; *в*) на приборах типа $(n\times nm)$; *г*) на приборах типа $(n\times m)$

ные выходы на рис. 3.8*б*. Коммутатор на приборах типа $(n\times nm)$ получается путем объединения одноименных выходов. Следовательно, коммутатор может быть выполнен на одном приборе (рис. 3.8*в*). Коммутационный прибор типа $(n\times m)$ по своей структуре является одновременно коммутатором (рис. 3.8*г*).

3.3. СИСТЕМА УСЛОВНЫХ КООРДИНАТ

Для образования соединительного тракта между передатчиком и приемником информации необходимо обеспечить выбор соединительного пути между входом и выходом коммутационной системы (*КС*) каждого коммутационного узла и включить коммутационные элементы, участвующие в образовании этого пути. Выбор одного из возможных соединительных путей и включение коммутационных элементов в соответствующих точках коммутации производятся одним или несколькими управляющими устройствами *УУ* коммутационного узла.

В процессе установления соединения *УУ* узла должно производить выбор тех или иных объектов *КС*, участвующих в образовании соединительного пути. Под объектом *КС* принято понимать входы, выходы и промежуточные линии (ПЛ) между звеньями.

Для характеристики отдельных объектов *КС* следует ввести некоторую систему признаков, позволяющую различать объекты между собой. В коммутационной системе с пространственным разделением каналов каждый объект может характеризоваться пространственным признаком, т. е. местоположением объекта в *КС*. Каждый тип объектов в *КС* обозначим прописной буквой. Например, входы *КС* обозначим *X*, промежуточные линии — *Y*, выходы — *Z* (рис. 3.9*а*) и т. д.

В коммутаторе каждый вход и каждый выход могут характеризоваться числами, представляющими собой порядковые номера

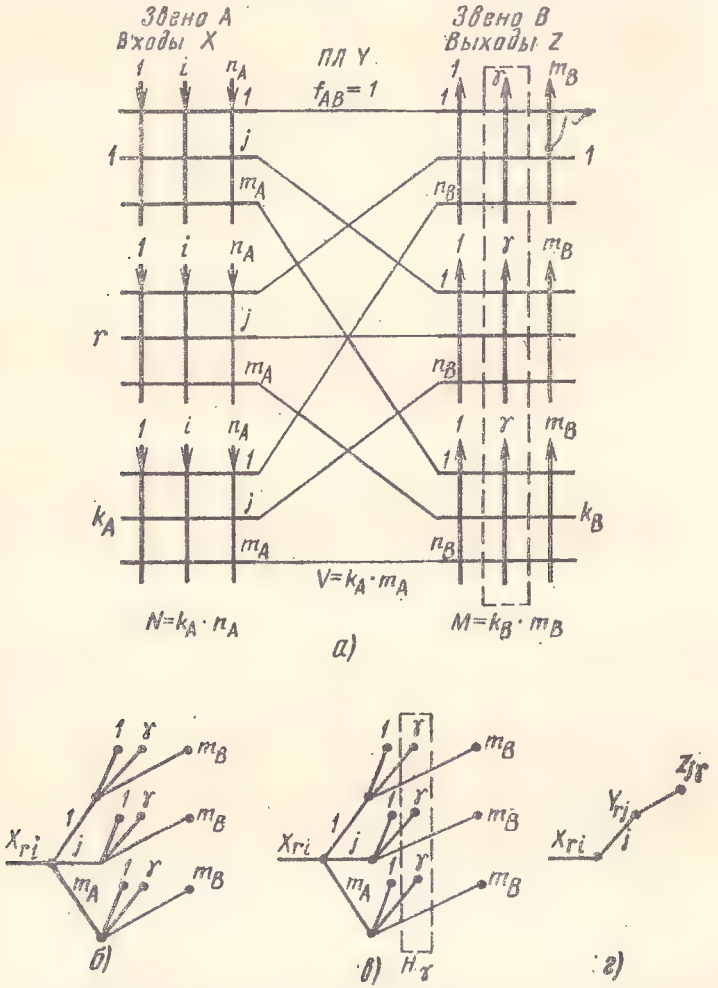


Рис. 3.9. Двухзвенный коммутационный блок:
а) структурная схема; *б*), *в*), *г*) граф-схемы соответственно для свободного, группового и линейного режимов искания

входов и выходов. Точка коммутации в коммутаторе, с помощью коммутационного элемента которой заданный вход соединяется с требуемым выходом, задается номерами входа и выхода.

Назовем отдельные числа, характеризующие объекты *КС*, *условными координатами* или просто *координатами*. Входам коммутатора присвоим координату i. Эта координата имеет столько значений, сколько входов имеет коммутатор ($i=1, 2, ..., n$). Так, координата i со значением 1 характеризует первый вход коммутатора, а координата со значением n характеризует n-й вход. Выходам коммутатора присвоим координату j, которая может принимать значения $(1, 2, ..., m)$ в соответствии с номерами выходов.

Точка коммутации в коммутаторе характеризуется координатами i и j. Координаты i и j называются *кодом* точки коммутации в коммутаторе и представляют собой ее адрес, т. е. местоположение в коммутаторе.

Код должен содержать то количество координат, которое необходимо для однозначного определения объекта в блоке или *КС*, поэтому коды объектов должны отличаться друг от друга, по крайней мере, значением одной из координат.

В коммутационном блоке, приведенном на рис. 3.9*а*, все входы N и выходы M включены в разные коммутаторы, поэтому каждый из них будет характеризоваться не одной, а двумя координатами: номером коммутатора и номером объекта (входа) в нем. Соединительный путь между входом и выходом состоит из одной ПЛ между звеньями A и B и двух точек коммутации, одна из которых находится на звене A, а другая — на звене B. На звене A образовано k_A коммутаторов, имеющих n_A входов и m_A выходов каждый. Чтобы однозначно определить точку коммутации на звене A, необходимо иметь информацию о номере коммутатора этого звена и номерах входа и выхода коммутатора. Для характеристики номера коммутатора звена A вводится координата r, имеющая k_A значений. Указанные три координаты (r, i, j) однозначно определяют местоположение любой точки коммутации звена A.

Звено B образуют k_B коммутаторов, имеющих n_B входов и m_B выходов каждый. Минимальное количество координат, необходимых для характеристики любой точки коммутации звена B, также равно трем. К этим координатам относятся: координата j, характеризующая номер коммутатора звена B, координата r, определяющая номер входа (так как $n_B=k_A$), и координата γ, характеризующая номер выхода коммутатора звена B.

Из рис. 3.9*а* видно, что часть координат характеризует одновременно объекты нескольких типов. Так, каждое значение координаты r определяет номер коммутатора звена A и одновременно номер входа коммутатора звена B, а координата j определяет одновременно номер выхода звена A и номер коммутатора звена B.

Следовательно, некоторые координаты могут характеризовать точки коммутации, находящиеся в различных коммутаторах данного звена коммутации (координата r), и точки коммутации T, находящиеся в различных звеньях (координаты r и j). Поэтому

соединительный путь между входом и выходом данной *КС* может быть представлен в виде набора четырех координат *i*, *j*, *r* и γ, поскольку координаты *r* и *j* являются общими для определения точек коммутации звеньев *A* и *B*.

Выбор соединительного пути между входом X_{ri} и выходом $Z_{j\gamma}$ зависит от режима искания.

Различают режимы свободного, группового и линейного искания, при которых вход блока соединяется соответственно с любым свободным выходом, с любым свободным выходом в одной из групп (направлений), на которые разделены выходы, с одним определенным выходом.

В режиме свободного искания соединение на звене *A* может быть установлено через любую из m_A точек коммутации: $T_1(X_{ri}, Y_{r1})$, $T_2(X_{ri}, Y_{r2})$, ..., $T_{mA}(X_{ri}, Y_{rmA})$. На звене *B* соединение может проходить через любую из $m_A m_B$ точек. Однако выбор соответствующей точки коммутации звена *A* ограничивает число точек коммутации, которые могут быть использованы для установления соединения на звене *B*, как это видно из граф-схем рис. 3.9*б*.

Совокупность всех возможных соединительных путей для установления соединения между входами и выходами в режиме свободного искания представляется набором точек коммутации звеньев *A* и *B*, через которые проходят эти соединительные пути:

$$\{T_A(X_{ri}, Y_{rj})\}_{i,\ r,\ l} \text{ и } \{T_B(Y_{rj}, Z_{j\gamma}\}_{r,\ j,\ \gamma},$$

где $i=1, 2, ..., n_A$; $r=1, 2, ..., k_A$; $j=1, 2, ..., m_A$; $\gamma=1, 2, ..., m_B$.

Присваивая входам *X* соответствующие координаты *r* и *i*, получим значения координат точек коммутации звеньев *A* и *B*, через которые можно установить соединение для данного входа. Если координаты *r* и *i* входа *X* фиксированы (т. е. уже определены), то число возможных точек коммутации звена *A* равно числу значений координаты *j*, т. е. равно m_A. Если на звене *A* точка коммутации определена, то число возможных точек коммутации на звене *B* определяется при условии, что координаты *r* и *j* фиксированы. При этом число возможных точек коммутации на звене *B* будет зависеть от числа значений координаты γ, т. е. равно m_B.

В режиме группового искания определение входа звена *B* фиксируется значением координаты γ, соответствующей номеру направления H_γ, в котором устанавливается соединение. Следовательно, если при свободном искании для соединения можно было использовать любой выход звена *B*, т. е. координата γ могла принимать все возможные значения, то при групповом искании количество доступных выходов ограничено, поскольку значение координаты γ фиксировано (рис. 3.9*в*). Совокупность возможных соединительных путей, позволяющих установить соединение входа X_{ri} с выходом в требуемом направлении H_γ при условии, что

$q=1$ (где q есть число выходов каждого коммутатора звена B в заданном направлении), записывается следующим образом:

$$C(X_{ri},\ Z_{l\varphi}) = \bigvee_{j=1}^{j=m_A} T_A(X_{ri},\ Y_{rj}) T_B(Y_{rj},\ Z_{l\varphi}). \qquad (3.1)$$

Таким образом, для соединения входа X_{ri} с выходом в требуемом направлении необходимо выбирать точки коммутации звена A и B среди m_A точек. Если в направлении отводится несколько выходов каждого коммутатора звена B (т. е. $q \neq 1$), то для определения точки коммутации звена B требуется введение еще одной координаты u, которая характеризует номер выхода каждого коммутатора звена B в требуемом направлении:

$$T_B(Y_{rj},\ Z_{l\gamma u}),$$

где $\gamma=1, 2, \ldots, l$; $u=1, 2, \ldots, q$. В режиме линейного искания соединение между входом X_{ri} и выходом $Z_{j\gamma}$ можно установить только через одну точку коммутации на звене A и одну точку коммутации на звене B:

$$C(X_{ri},\ Z_{j\gamma}) = T_A(X_{ri},\ Y_{rj}) T(Y_{rj},\ Z_{j\gamma}). \qquad (3.2)$$

Следовательно, имеется только один соединительный путь (рис. 3.9*г*).

Если промежуточная линия с координатой j будет занята, то соединение не будет установлено и произойдет потеря сообщения, поэтому для работы в режиме линейного искания используются блоки, число звеньев которых, как правило, больше двух.

Система условных координат позволяет однозначно определить все объекты коммутационной системы или отдельных блоков при установлении соединений. Число типов координат определяется числом структурных параметров KC, а число значений координат каждого типа — числом значений соответствующего структурного параметра. Определение объектов коммутационной системы посредством условных координат позволяет однозначно определить объект в коммутационной системе и вводить информацию об адресе объекта в управляющее устройство или в электронную управляющую машину.

3.4. ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Структура коммутационной системы при заданных способе разделения каналов и типе коммутационного прибора характеризуется числом входящих N и исходящих M линий (каналов), количеством ступеней искания, режимом искания в каждой ступени, способом искания промежуточных линий между отдельными ступенями искания и звеньями коммутации. Под *ступенью искания* будем понимать часть коммутационной системы, для всей совокупности входов которой имеется доступ к одним и тем же на-

правлениям, объединяющим выходы. Причем соединение через ступень искания может быть установлено вне зависимости от того, имеются ли на последующих ступенях искания возможности для установления соединения. Ступень искания может быть однозвенной или содержать несколько звеньев коммутации. В первом случае соединение между входом и выходом ступени осуществляется только через одну точку коммутации, во втором случае — через несколько точек коммутации.

По способу включения выходов коммутационные системы могут быть полнодоступными, неполнодоступными и полнодоступными с блокировками. Выбор того или иного типа *КС* с точки зрения доступности производится при расчете схемы группообразования.

В коммутационных узлах (станциях) связи различают несколько разновидностей ступеней искания: ступени предварительного, группового, линейного и смешивающего искания. В соответствии с этим коммутационные системы этих ступеней могут работать в режиме свободного, группового и линейного искания (рис. 3.10*а*) В режиме свободного искания входящему каналу, по ко-

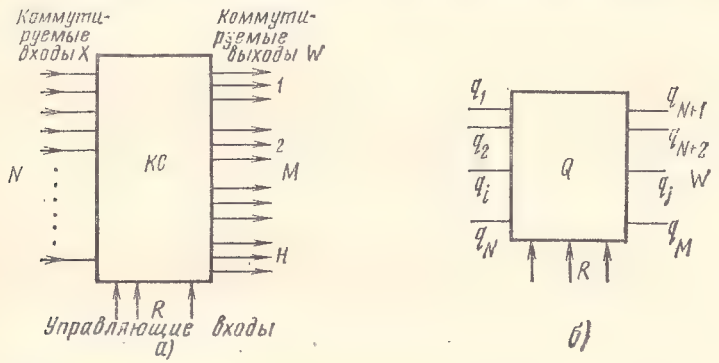


Рис. 3.10. Коммутационная система узла:
а) общий вид; *б)* коммутационный многополюсник

торому поступил вызов, предоставляется любой свободный канал из числа ему доступных, при этом число направлений исходящих каналов $H=1$, а доступность $D=M$. В таком режиме работают ступени предварительного, регистрового и смешивающего искания.

В режиме группового искания входящему каналу для установления соединения предоставляется свободный исходящий канал в определенном направлении, следовательно, $1<H<M$, а $D>1$.

В режиме линейного искания входящему каналу предоставляется определенный исходящий канал, следовательно, $H=M$, а $D=1$. В некоторых системах существуют комбинированные ступени искания. Например, в координатных АТС ступень абонентского искания *(АИ)* объединяет ступень предварительного и линей-

ного искания. Однако в такой комбинированной ступени искания одновременно может устанавливаться только одно соединение, поэтому для данного соединения выполняется режим либо свободного, либо линейного искания.

В зависимости от назначения того или иного узла связи *КС* узла или ее отдельные ступени должны реализовать тот или иной вид искания выходов, которыми могут быть абонентские, промежуточные линии или исходящие каналы (линии).

Рассмотрим логическую структуру коммутационных систем с целью анализа процессов, происходящих в них при установлении соединений между входящими и исходящими линиями. При рассмотрении общих вопросов построения *КС* входящие и исходящие линии (каналы) будем называть соответственно входами и выходами систем.

Коммутационные системы описываются двумя основными характеристиками: структурой S и алгоритмом функционирования $\mathcal{A}$. Под структурой будем понимать способ построения *КС* при заданной емкости и требуемом качестве обслуживания. Емкость характеризует количество входов N и выходов M, качество обслуживания соединений определяется потерями сообщения p. Под алгоритмом функционирования $\mathcal{A}$ понимается порядок установления соединения через данную *КС*. При проектировании *КС* требуется разработать такую структуру S и алгоритм $\mathcal{A}$, которые при минимальных расходах на оборудование *КС* обеспечивали бы удовлетворение заданной нормы потерь сообщения p, т. е. требуемое качество обслуживания вызовов.

На выбор оптимальной структуры *КС* оказывает существенное влияние алгоритм обслуживания соединений, который реализуется управляющими устройствами. Совместное рассмотрение структуры S и алгоритма $\mathcal{A}$ представляет известные трудности, поэтому часто их рассматривают отдельно, находя для каждого из них оптимальный вариант построения, а затем производится совместное рассмотрение оптимальных вариантов с целью получения оптимального построения всего узла в целом.

Коммутационные системы узла связи можно рассматривать как многополюсник, имеющий $Q(q_1, q_2, q_3, \ldots)$ коммутируемых полюсов, служащих для ввода и вывода информации, и R управляющих полюсов, посредством которых производится управление установлением соединения (рис. 3.10*б*). В большинстве практических случаев в *КС* можно среди коммутируемых полюсов q выделить входные q_N и выходные q_M полюса. Это позволяет рассматривать *КС* как ориентировочный (N, M)-полюсник. Входы и выходы *КС* в общем случае могут быть разделены в пространстве, во времени, по частоте или по каким-либо другим признакам. Среди различных признаков, характеризующих входы или выходы системы, пространственный признак является обязательным. В общем случае *КС* должна иметь некоторое количество соединительных путей, посредством которых производится соединение между входом и выходом системы.

Управление *КС* при установлении соединения сводится к выбору соответствующего соединительного пути между входом и выходом системы среди некоторой совокупности путей. Воздействие на *КС* производится через управляющие полюса *R* из схемы управляющего устройства *УУ*. Сигналы сообщения, поступающие на коммутируемые входы *N* и проходящие по соединительным путям на коммутируемые выходы *M*, на *КС* непосредственно воздействия не оказывают. Следовательно, состояние *КС* изменяется только под действием сигналов, поступающих на управляющие входы *R* из *УУ*. Таким образом, коммутационные системы, используемые в технике связи, можно рассматривать как устройства дискретного действия, которые в требуемые моменты времени образуют соединительные пути между входами и выходами системы.

Функционирование дискретной системы может быть описано посредством характеристик воздействия между объектами (полюсами) этой системы. Каждая характеристика, в свою очередь, может быть выражена с помощью дискретных функций от k аргументов. Если дискретная система представляет собой многополюсник $Q(q_1, q_2, q_3, \ldots)$, то каждой паре полюсов поставлены в соответствие одна или две характеристики воздействия между ними: воздействие полюса i на полюс j и полюса j на полюс i.

При рассмотрении Q-полюсников, предназначенных для передачи воздействия между некоторым числом объектов (Q), естественно выделить схемы, предназначенные для передачи сообщений между однородными объектами. Такие схемы соответствуют физическим схемам, используемым в различных областях и, в частности, в технике связи (телефонии, телеграфии, передаче данных и др.). Причем эти схемы могут описывать как логическую сущность отдельных устройств (приборов, блоков), так и сложнейших систем в целом, например телефонные станции или сети городов или страны.

Выделение класса коммутационных схем из дискретных Q-полюсников проведем посредством ограничений, накладываемых на Q-полюсники. Из всей совокупности дискретных Q-полюсников будем рассматривать схемы, предназначенные для коммутации каналов, по которым передается информация, содержащаяся в электрических сигналах. Характеристику воздействия полюса q_i на полюс q_j в *КС* можно описать булевой функцией и рассматривать как проводимость соединительного пути между этими полюсами $G(q_i, q_j)$. В используемых для передачи информации *КС* коммутируемые полюса разделены на две группы: входы системы $X_1, \ldots, X_i, \ldots, X_N$ и выходы $W_1, \ldots, W_j, \ldots, W_M$ (рис. 3.10*б*). Функция воздействия между входом X_i и выходом W_j равна единице, если между входом и выходом установлено соединение

$$G(X_i, W_j) = 1, \tag{3.3}$$

и равна нулю, если соединение между ними не установлено:

$$G(X_i, W_j) = 0. \tag{3.4}$$

В большинстве практических случаев *КС*, используемые на узлах связи, обладают свойствами *одинарности*, что означает возможность только попарных соединений и запрещение соединений входа одновременно с несколькими выходами. (Иногда вместо термина «одинарные» системы используют термин «ординарные», что означает обычные, наиболее часто используемые системы.) Условие одинарности может быть записано в виде булевой функции воздействия входа X_i одновременно на несколько выходов W_j, W_k, W_l:

$$G[X_i, (W_j, W_k, W_l)] = G(X_i, W_j) \times$$
$$\times \overline{G(X_i, W_k) G(X_i, W_l)} + \overline{G(X_i, W_j)} G(X_i, W_k) \times$$
$$\times \overline{G(X_i, W_l)} + \overline{G(X_i, W_j)}\ \overline{G(X_i, W_k)}\ G(X_i, W_l).$$

При использовании узлов связи, через которые передается информация различного рода, может встретиться необходимость в отдельных случаях передавать одну и ту же информацию одновременно в несколько адресов, например, при различного рода циркулярных передачах, при организации групповых совещаний.

Условие одновременных воздействий одного входа на несколько выходов может быть записано в виде равенства единице произведений проводимостей между требуемыми объектами:

$$G(X_i, W_j) G(X_i, W_k) G(X_i, W_l) = 1. \qquad (3.6)$$

Таким образом, в отдельных *КС* условия одинарности могут не выполняться для некоторой части входов и выходов. Кроме того, могут быть *КС*, где для одних и тех же входов в одних случаях условие одинарности соблюдается, а в других — не соблюдается. Это означает, что в зависимости от требуемого соединения такому входу приписывается разная категория обслуживания и в одних случаях устанавливаются только попарные соединения, а в других — одновременные соединения с несколькими выходами.

Части *КС*, используемые на различных ступенях искания узла связи, как правило, являются *ориентированными*, т. е. такими, в которых передача воздействия при установлении соединения осуществляется от входа к выходу. Заметим, что в некоторых *КС* в зависимости от вида и направления устанавливаемого соединения входы можно рассматривать так же, как выходы. Например, в координатных системах АТС абонентские и промежуточные линии между звеньями *А* и *В* в блоке абонентского искания *АИ* при исходящей связи рассматриваются как входы коммутационного блока, а при входящей связи — как его выходы.

В ориентированных *КС* отсутствуют непосредственные воздействия между входами, а также между выходами. Это условие называется *разделенностью*. При этом

$$\left.\begin{aligned} G(X_i, X_k) &= 0; \\ G(W_j, W_l) &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (3.7)$$

3.5. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Коммутационные системы станций или узлов строятся из коммутационных блоков той или иной структуры. Простейшим коммутационным блоком, используемым для коммутации электрических цепей, является *коммутатор*. Коммутаторы могут быть построены посредством различных коммутационных приборов, причем в некоторых случаях для их построения требуется несколько коммутационных приборов, а иногда на одном коммутационном приборе может быть построено несколько коммутаторов.

На рис. 3.11 показан принцип построения коммутатора на n входов и m выходов на электромагнитном или герконовом реле *(а)*, на искателе ШИ-11 *(б)*, на искателе ДШИ-100 *(в)*, на МКС

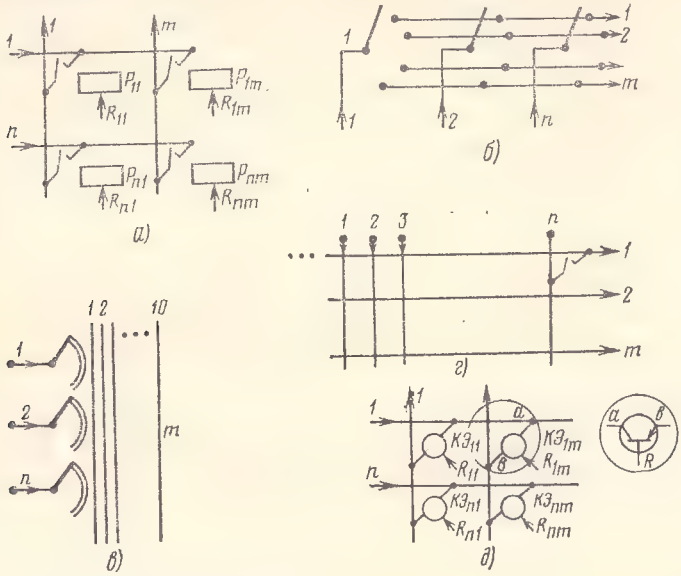


Рис. 3.11. Схемы коммутаторов:
а) на реле; *б)* на вращательных искателях; *в)* на искателях ДШИ-100; *г)* на МКС, *д)* на транзисторах

(г) и на электронных приборах *(д)*. Из схемы видно, что для построения коммутатора на реле требуется $n \times m$ реле, на искателях ШИ-11 и ДШИ-100 — n искателей, а на одном МКС типа 20×10 можно построить два коммутатора на $n=10$ входов и $m=10$ выходов каждый либо пять коммутаторов с $n=4$ и $m=10$, либо с другим значением n при условии, что $\sum_{i=1}^{k} n_i = 20$, где k — число коммутаторов.

Структура коммутаторов, изображенных на рис. 3.11, может быть описана матрицей непосредственных проводимостей между

входами и выходами (рис. 3.12*а*), иногда называемой *структурной матрицей*, так как она отражает структуру коммутатора, т. е. все возможные пути между входами и выходами. Число строк и столбцов матрицы равно соответственно числу входов n и выходов

X	Y_1	Y_2	$\cdots$	Y_j	$\cdots$	Y_m
X_1	G_{11}	G_{12}	$\cdots$	G_{1j}	$\cdots$	G_{1m}
X_2	G_{21}	G_{22}	$\cdots$	G_{2j}	$\cdots$	G_{2m}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
X_i	G_{i1}	G_{i2}	$\cdots$	G_{ij}	$\cdots$	G_{im}
$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
X_n	G_{n1}	G_{n2}	$\cdots$	G_{nj}	$\cdots$	G_{nm}

а)

X	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
X_1	G_{11}	G_{12}	—	—	G_{15}	G_{16}
X_2	G_{21}	G_{22}	—	—	G_{25}	G_{26}
X_3	G_{31}	G_{32}	—	—	G_{35}	G_{36}
X_4	—	—	G_{43}	G_{44}	G_{45}	G_{46}
X_5	—	—	G_{53}	G_{54}	G_{55}	G_{56}
X_6	—	—	G_{63}	G_{64}	G_{65}	G_{66}

б)

Рис. 3.12. Матрицы непосредственных проводимостей:
а) полнодоступная; *б)* неполнодоступная

m коммутатора. Каждое вхождение матрицы представляет собой булеву функцию проводимости между отдельными входом и выходом $G(X_i, Y_j)$:

$$\|S\| = \begin{Vmatrix} G(X_1, Y_1)\, G(X_1, Y_2) \cdots G(X_1, Y_j) \cdots G(X_1, Y_M) \\ G(X_2, Y_1)\, G(X_2, Y_2) \cdots G(X_2, Y_j) \cdots G(X_2, Y_M) \\ \vdots \\ G(X_N, Y_1)\, G(X_N, Y_2) \cdots G(X_N, Y_j) \ldots G(X_N, Y_M) \end{Vmatrix}. \quad (3.8)$$

Состояние коммутатора в дискретные моменты времени t_1, t_2 может быть описано матрицей проводимостей, если в последней функции проводимости $G(q_i, q_j)$ заменить на их значения (0 или 1) в соответствующие моменты времени t_1, t_2.

В коммутационных системах (или блоках) могут использоваться неполнодоступные однозвенные коммутационные блоки. В неполнодоступных однозвенных коммутационных блоках любой вход имеет доступ не ко всем выходам. Это условие для взаимно недоступных входов и выходов записывается в виде равенства нулю булевой функции проводимости:

$$G(X_i, Y_m) = 0, \quad (3.9)$$

если входу X_i недоступен выход Y_m.

В матрице непосредственных проводимостей для взаимно недоступных входов и выходов делается прочерк или записывается 0. Это означает, что при любом состоянии коммутатора прово-

димость между ними всегда равна нулю. На рис. 3.12*б* приведена матрица проводимости для неполнодоступного коммутационного блока на $n=6$ входов и $m=6$ выходов при доступности каждого входа, равной $D=4$.

Коммутационные устройства узла связи в большинстве практических случаев представляют собой совокупность коммутационнных блоков отдельных ступеней искания, имеющихся на данном узле. Каждая ступень искания, в свою очередь, может состоять из нескольких звеньев коммумации. Коммутационная система ступени искания так же представляет устройство дискретного действия, работа которого может быть описана посредством булевых функций воздействия между входами и выходами данной ступени. Обозначим проводимость соединительного пути между входом и выходом соответствующих ступеней искания (рис. 3.13) через $G(X_i, Y_j)$, $G(Y_j, Z_l)$, ..., $G(L_k, W_p)$. Если ступень ис-

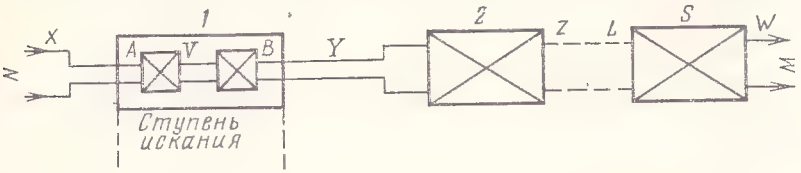


Рис. 3.13. Многоступенная коммутационная система

кания имеет несколько звеньев коммутации, то проводимость между входом и выходом ступени зависит от проводимостей между входом и выходом звеньев коммутации, входящих в данную ступень искания:

$$G(X_i, Y_j) = G(X_i, Y_k)G(V_k, Y_j). \qquad (3.10)$$

Проводимость соединительного пути между входом X_i и выходом W_p коммутационной системы узла, изображенной на рис. 3 13, определяется проводимостью соединительных путей, проходящих через соответствующие ступени искания:

$$G(X_i, W_p) = G(X_i, Y_j)G(Y_j, Z_l) \cdot \cdot \cdot G(L_k, W_p). \qquad (3.11)$$

Для образования соединительного пути между входящим и исходящим каналами (линиями) узла необходимо, чтобы проводимость каждой ступени искания, через которую проходит соединительный путь, принимала значение 1.

Между входящим и исходящим каналами узла при многозвенном построении *КС* существует некоторая совокупность соединительных путей, по каждому из которых может быть установлено соединение. Эта совокупность описывается набором булевых функций воздействия между входящим каналом узла и исходящим. Для соединения этих каналов достаточно, чтобы одна из этих функций принимала значение 1. Таким образом, функция, описывающая проводимость между входом X_i и выходом W_p, представляет собой дизъюнкцию от проводимостей отдельных

соединительных путей, по которым может быть установлено соединение. Например, для системы рис. 3.13

$$G(X_i, W_p) = [G(X_i, Y_1)G(Y_1, Z_1) \cdot \cdot \cdot G(L_1, W_p)] + \\ + [G(X_i, Y_j)G(Y_j, Z_\gamma) \cdot \cdot \cdot G(L_k, W_p)] + [G(X_i, Y_m) \times \\ \times G(Y_m, Z_l) \cdot \cdot \cdot G(L_\psi, W_p)]. \qquad (3.12)$$

Для изменения проводимости между коммутируемыми входом и выходом *КС* узла необходимо управляющее воздействие на элементы, посредством которых обеспечивается открытое (проводящее) или закрытое (непроводящее) состояние соединительного пути, проходящего через данный узел. Это воздействие производится из управляющего устройства, которое предварительно выбирает точки коммутации по соответствующим координатам и определяет возможность их использования для соединения, затем выдает управляющие сигналы для их переключения.

3.6. ОДНОЗВЕННЫЕ СТУПЕНИ ИСКАНИЯ

Ступень линейного искания

Рассмотрим назначение ступеней искания, их функции на примере АТС, построенной на декадно-шаговых искателях. Посредством декадно-шагового искателя ДШИ-100 можно построить АТС на 100 номеров. Структурная схема такой АТС показана на рис. 3.14. Согласно этой схеме каждая абонентская линия на АТС имеет индивидуальный искатель на 100 линий. Абонентская линия подключается к щеткам своего искателя и, кроме того, заводится на соответствующие контакты всех 100 искателей, установленных на АТС, т. е. все одноименные ламели в одноименных декадах запараллеливаются и подключаются к соответствующей абонентской линии. Абонентский комплект *АК* служит для приема сигнала вызова от абонентского аппарата, а управляющее устройство *УУ* — для управления работой искателя во время установления соединения, последующего разъединения и возвращения щеток искателя в исходное состояние.

Для установления соединения абонент должен набрать посредством номеронабирателя телефонного аппарата двузначный номер вызываемого абонента (00—99). Импульсы, возникающие при наборе первого знака, воспринимаются подъемным электромагнитом искателя, поднимающим щетки искателя на требуемую декаду, а импульсы набора второго знака номера воспринимаются электромагнитом вращения, поворачивающим щетки искателя до ламели, в которую включена линия вызываемого абонента. Таким образом, оба движения щеток искателя — подъемное и вращательное — осуществляются под управлением номеронабирателя телефонного аппарата абонента. Такое движение щеток искателя называется *вынужденным* движением, а процесс искания линии, при котором щетки совершают вынужденное движение,

называют *вынужденным искание*м. Следовательно, на АТС, схема которой изображена на рис. 3.14*а*, искатель отыскивает требуемую абонентскую линию в процессе вынужденного искания. Искатель, в контактное поле которого включаются абонентские линии, называется *линейным искателем (ЛИ)*, а совокупность всех линейных искателей на АТС — *ступенью линейного искания.*

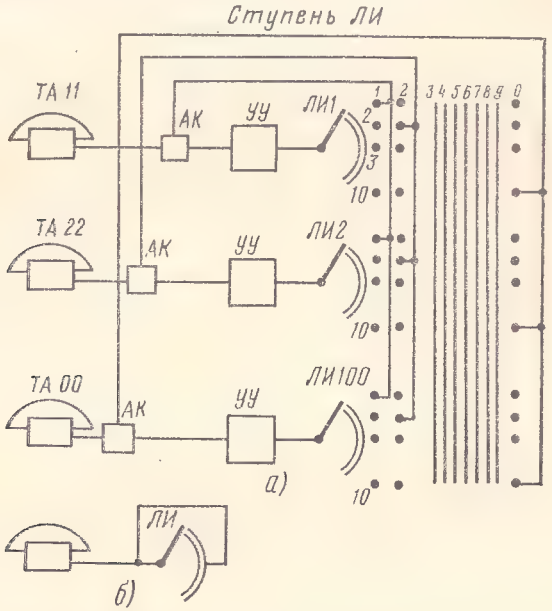


Рис. 3.14. Функциональная схема АТС на 100 номеров с одной ступенью искания:
а) развернутая; *б)* упрощенная

На рис. 3.14*б* показано упрощенное изображение структуры АТС, на основании которого можно судить о способе включения абонентских линий в приборы АТС.

При установлении соединения через ступень *ЛИ* между ее входом (линией вызывающего абонента) и ее выходом (линией вызываемого абонента) имеется одна точка коммутации (одна точка соединения), потому такие ступени искания называются *однозвенными*. При такой структурной схеме максимальное количество абонентских линий, включаемых в АТС, определяется емкостью контактного поля искателя.

Ступень предварительного искания

Построение АТС, при котором для каждой абонентской линии устанавливается искатель большой емкости, является неэкономичным, поскольку требуется большое количество дорогих иска-

телей. Так, для АТС (рис. 3.14*а*) их потребуется 100 шт., при этом каждый из них будет иметь весьма малый коэффициент использования. Казалось бы, что при наличии на АТС 100 искателей можно установить 100 соединений. Между тем наибольшее число теоретически возможных одновременных разговоров между 100 абонентами может быть только 50. Однако и такое количество разговоров не имеет места. Наблюдениями установлено, что в зависимости от количества вызовов от абонентов и продолжительности разговоров может потребоваться одновременных соединений порядка 10—15% от общего числа абонентов АТС. Поэтому для обслуживания 100 абонентов достаточно иметь 10—15 100-линейных искателей. При этом необходимо предусмотреть такой порядок, чтобы любой из искателей, если он свободен, мог быть предоставлен во временное пользование любому абоненту, производящему вызов. Следовательно, необходимо сделать эти искатели приборами коллективного пользования. Для этого следует иметь дополнительно искатели, которые бы обеспечивали подключение линий вызывающего абонента к свободному в данный момент *ЛИ*. В качестве дополнительных искателей можно использовать искатели, аналогичные тем, которые применяются в качестве *ЛИ*. Такие искатели получили название *искателей вызова (ИВ)*. Искатель вызова и линейный искатель образуют шнуровую пару *ИВ—ЛИ*, подобно шнуровой паре ручного коммутатора. Количество таких пар составляет 10—15% от емкости АТС.

Схема АТС, построенная посредством *V* шнуровых пар *ИВ—ЛИ*, представлена на рис. 3.15. Абонентская линия многократно включается в поле всех *ИВ* и *ЛИ*. Функции *ИВ* и *ЛИ* при установлении соединения различны. Процесс установления соединения протекает следующим образом. При снятии абонентом микротелефонной

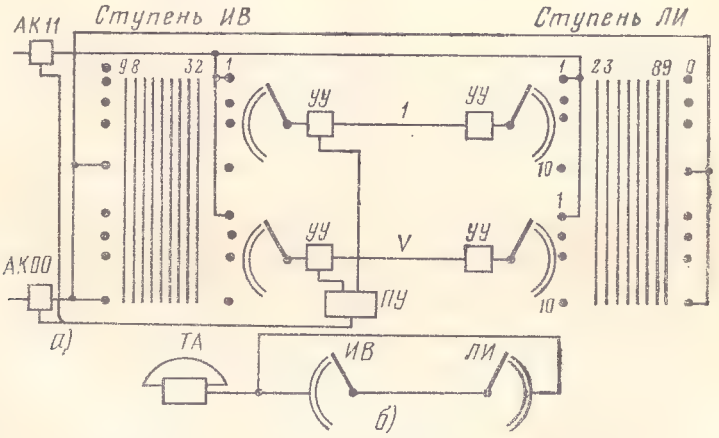


Рис. 3.15. Функциональная схема АТС на 100 номеров со ступенями *ИВ* и *ЛИ*:
а) развернутая; *б)* упрощенная

трубки вызов воспринимается в абонентском комплекте *АК*. Из *АК* линия вызывающего абонента отмечается соответствующим потенциалом в поле всех *ИВ*, и одновременно выдается сигнал в пусковое устройство *ПУ*. Последнее приводит в действие свободный *ИВ*, отыскивающий в своем поле линию вызывающего абонента, к которой через *ИВ* подключается *ЛИ*. Из управляющего устройства *УУ* абонент получает сигнал «Ответ станции», уведомляющий абонента о том, что приборы АТС готовы к приему информации о номере вызываемого абонента. Далее процесс установления соединения происходит, как в АТС, схема которой изображена на рис. 3.14. Подключение *ИВ* к линии вызывающего абонента происходит до набора номера, поэтому *ИВ* совершает *свободное движение*, т. е. не управляемое непосредственно абонентом. Процесс отыскания линии при этом называется *свободным исканием*. Поскольку свободное искание осуществляется до набора номера, то его называют *предварительным* исканием или *предысканием*. В данном случае применено так называемое *обратное предыскание*, поскольку процесс протекает в обратном направлении от свободного *ЛИ* к вызывающему абоненту. Совокупность приборов, осуществляющих предварительное искание, называется ступенью предварительного искания. На рис. 3.15*б* показано упрощенное изображение функциональной схемы АТС.

Наряду с обратным предысканием используется также *прямое предыскание*, протекающее от линии вызывающего абонента к *ЛИ*. В этом случае за каждой абонентской линией закрепляется индивидуальный недорогой шаговый искатель малой емкости (на 10—15 линий), называемый *предварительным искателем (ПИ)* или просто *предыскателем*, в контактное поле которого включаются выходы к *ЛИ*.

Схема АТС на 100 номеров с прямым предысканием показана на рис. 3.16*а*. В качестве *ПИ* использован искатель типа ШИ-11, а в качестве *ЛИ* — искатель типа ДШИ-100. Процесс установления соединения протекает следующим образом. При вызове абонентом АТС приходит в движение *ПИ*, отыскивающий в своем поле выход к свободному в данный момент *ЛИ*. Из управляющего устройства *ЛИ* абонент получает сигнал «Ответ станции» и приступает к набору номера вызываемого абонента. Далее соединение протекает, как и в предыдущих случаях.

Рассмотренные функциональные схемы АТС без ступени предыскания, со ступенью обратного предыскания и со ступенью прямого предыскания позволяют строить АТС, номерная емкость которых не превышает емкости контактного поля *ЛИ*.

Преимущество той или иной схемы АТС может быть определено на основе сравнения их экономических и эксплуатационно-технических показателей. Экономичность различных схем определяется себестоимостью их эксплуатации и размером капитальных вложений на оборудование.

Сравним рассмотренные выше схемы по величине капиталовложений на АТС емкостью 100 номеров.

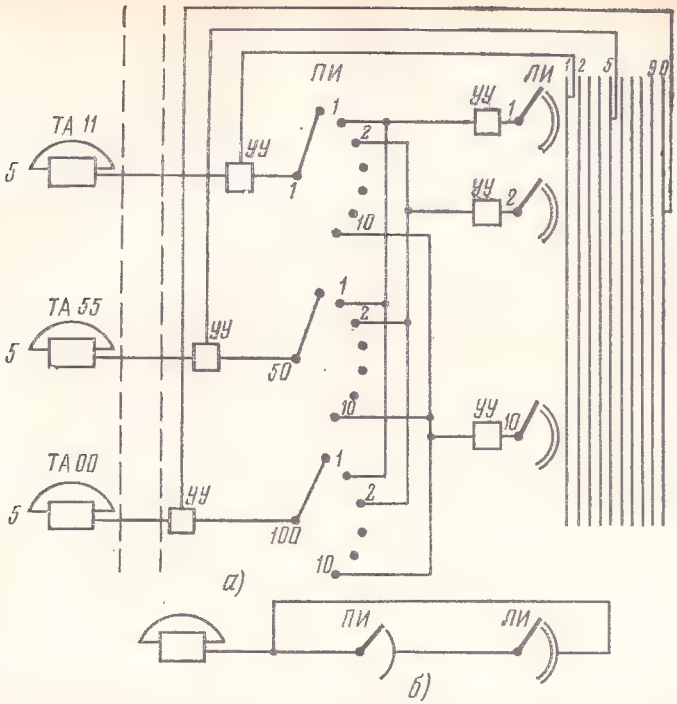


Рис. 3.16. Функциональная схема АТС на 100 номеров со ступенями *ПИ* и *ЛИ*:
а) развернутая; *б)* упрощенная

Построим графические зависимости стоимости оборудования Q от величины удельной телефонной нагрузки y, создаваемой в ЧНН одной абонентской линией $Q=f(y)$.

С целью упрощения расчетов будем учитывать только стоимость искателей. Для схемы рис. 3.14 количество требующихся *ЛИ* не зависит от нагрузки y, а равно общему числу абонентов АТС, т. е. $V_{ли}=100$. Следовательно, стоимость оборудования при стоимости *ЛИ*, равной $C_{ли}$, составит $Q_1=V_{ли}C_{ли}$.

Для схемы рис. 3.15 число *ЛИ* зависит от нагрузки y, и по мере ее возрастания количество *ЛИ* будет увеличиваться. Количество *ЛИ* определяется по формуле

$$V_{ли}=\alpha Y+\beta=\alpha Ny+\beta,$$

где Y — общая величина нагрузки от 100 абонентов; y — удельная нагрузка в ЧНН на одну абонентскую линию в эрлангах; N — число абонентов АТС.

Коэффициенты α и β зависят от принятой нормы потерь p и доступности искателя D. Общая стоимость оборудования $Q_2=V_{ив}C_{ив}+V_{ли}C_{ли}=2V_{ли}C_{ли}=2(\alpha Ny+\beta)C_{ли}$, где $V_{ив}$ — количество *ИВ*, а $C_{ив}=C_{ли}$ — стоимость *ИВ*.

Для схемы рис. 3.16 стоимость оборудования $Q_3 = V_{пи} C_{пи} + V_{ли} C_{ли} = NC_{пи} + (\alpha N y + \beta) C_{ли}$, где $V_{пи}$ и $C_{пи}$ — соответственно количество и стоимость *ПИ*. В соответствии с полученными выражениями стоимости оборудования различных схем АТС построены графики зависимости $Q = f(y)$ (рис. 3.17). Из графиков видно, что при малых значениях удельной нагрузки (до $y = y_a$) выгодно применять АТС с обратным предысканием, при значениях $y_a < y < y_б$ — вариант с прямым предысканием и только при удельной нагрузке $y > y_б$ — вариант без ступени предыскания. Однако большие удельные нагрузки, при которых выгоден вариант без ступени предыскания, имеют место только на линиях таксофонов, соединительных линиях от УТС, от подстанций и т. д. Следует отметить, что опущенные при расчете факторы (стоимость реле, стативов, кабелей и пр.) могут в некоторой степени изменить конкретные результаты расчетов, однако характер кривых рис. 3.17 останется неизменным. Экономичность схемы АТС зависит еще от целого ряда других факторов, влияющих на величину себестоимости эксплуатации. Рассмотрим некоторые из них, а именно размер амортизационных отчислений и расходов на текущий и средний ремонт, которые зависят от интенсивности работы и срока службы искателей. В этом смысле лучшей будет схема рис. 3.14, затем рис. 3.16 и потом рис. 3.15. Расход электроэнергии для приведения в движение искателей будет наибольшим в АТС рис. 3.15 и наименьшим в АТС рис. 3.14. При оценке способов предыскания в отношении их эксплуатационных свойств следует учитывать время ожидания ответа станции как одно из качественных показателей работы АТС. Это время будет наибольшим при обратном предыскании и наименьшим без предыскания. Однако при прямом предыскании с использованием десятилинейных *ПИ* время ожидания ответа станции мало и составляет 0,1—0,2 с, так что оно абонентом практически не замечается. Следовательно, в этом отношении прямое предыскание дает достаточно хорошие качественные показатели.

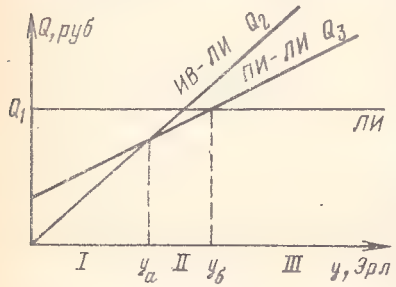


Рис. 3.17. Сравнение способов построения АТС на 100 номеров

Ступень группового искания

В предыдущем разделе были рассмотрены функциональные схемы АТС, в которых в качестве основного коммутационного прибора используется столинейный искатель. В силу этого максимальная емкость АТС составляла 100 номеров. Для получения АТС большей емкости можно идти по пути увеличения емкости контактного поля искателей, применяемых на ступени *ЛИ*. Однако подобный метод увеличения емкости АТС имеет ограниченные возмож-

ности, так как емкость контактного поля существующих искателей не превышает 500 линий. Дальнейшее увеличение емкости контактного поля искателя вызывает усложнение его конструкции, а следовательно, и увеличение его стоимости. Кроме того, увеличение емкости АТС за счет увеличения емкости искателя вообще не является радикальным решением вопроса, поскольку современные телефонные сети имеют в ряде случаев емкости, превышающие сотни тысяч и миллионов номеров. Неограниченное расширение емкости телефонных сетей стало возможным с введением принципа *группового искания*, сущность которого заключается в следующем.

На АТС, емкость которой превышает емкость контактного поля искателей, т. е. $N > m$, где N — емкость АТС, а m — емкость контактного поля искателя, все абонентские линии разбиваются на группы по m линий в каждой. Для выбора группы, в которой находится нужная линия, устанавливаются специальные приборы, называемые *групповыми искателями*.

Рассмотрим принцип группообразования на примере АТС емкостью $N = 1000$ номеров (рис. 3.18*а*) с применением на ступени

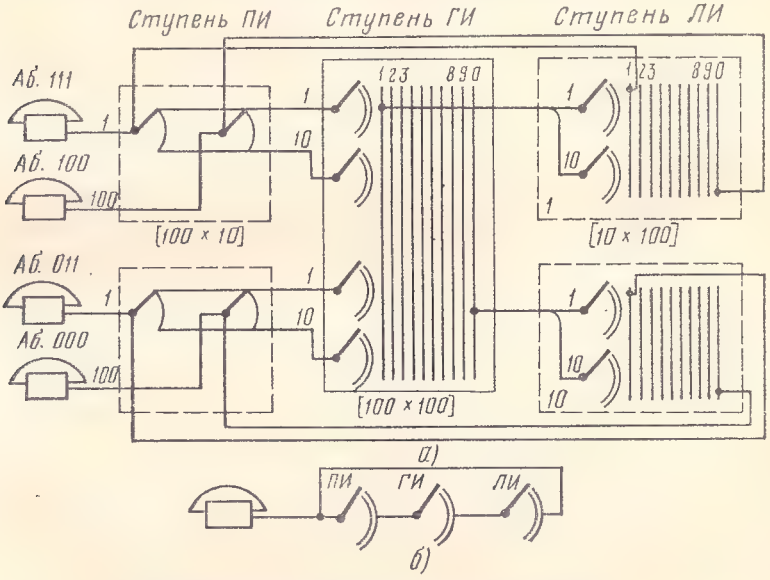


Рис. 3.18. Функциональная схема АТС на 1000 номеров:
а) развернутая; *б)* упрощенная

ЛИ ДШИ-100 и ШИ-11 на ступени *ПИ*. В такой АТС 100 абонентских линий разбиваются на $к$ групп по $m = 100$ абонентских линий: $к = N/m = 1000/100 = 10$. На каждую группу из 100 абонентских линий устанавливают требуемое количество *ЛИ*. Число *ЛИ* зависит от нагрузки, потерь и доступности и определяется расчетом. Пусть $V_{ЛИ} = f(Y, p, D) = 10$. Следовательно, на ступени *ЛИ* получаем десять групп, каждая из которых состоит из десяти *ЛИ*, в контактное

поле которых многократно включено 100 абонентских линий. Для выбора требуемой группы на АТС устанавливаются групповые искатели *ГИ*, в качестве которых используются ДШИ-100. Нумерация линий на такой АТС трехзначная. Первая цифра требуется для выбора группы (в данном случае сотенной), в которой находится линия вызываемого абонента, а последние две цифры — для выбора требуемой линии в выбранной сотенной группе. Соединение устанавливается следующим образом. При вызове абонентом станции приходят в движение щетки *ПИ*, принадлежащего вызывающей линии, и отыскивается свободный групповой искатель *ГИ*, откуда абоненту посылается сигнал «Ответ станции». Абонент набирает цифру сотен, при этом *ГИ* совершает вынужденное движение, поднимая щетки на соответствующую набираемой цифре декаду. После этого щетки *ГИ* совершают вращательное движение в пределах выбранной декады, отыскивая выход к свободному *ЛИ*. Одноименные контакты одноименных декад всех *ГИ* соединены между собой многократно. Таким образом, от каждой декады *ГИ* образуется 10 выходов к *ЛИ*, обслуживающих 100 абонентских линий соответствующей сотни. Отыскание свободного выхода к *ЛИ* осуществляется в межсерийном интервале времени между окончанием первой серии и поступлением второй. Далее абонент набирает цифры десятков и единиц, посылая две серии импульсов, которые воспринимаются соответственно подъемным и вращающим электромагнитами *ЛИ*. Щетки *ЛИ* устáнавливаются на ламели *ЛИ*, в которые включена линия вызываемого абонента. После проверки линий на занятость осуществляется посылка вызова в линию вызываемого абонента, и после ответа абонента устанавливается разговорный тракт. Групповой искатель *ГИ* совершает вынужденное движение при выборе направления и свободное искание свободного выхода в выбраном направлении.

Анализируя функциональную схему АТС емкостью $N=1000$ номеров, можно видеть, что АТС содержит три ступени искания: *ПИ*, *ГИ*, *ЛИ*, каждая из которых построена из коммутационных блоков различной структуры и емкости с использованием коммутационных приборов типа (1×10) и (1×100). Ступень *ПИ* построена из 10 блоков [100×10], образованных путем объединения выходов коммутационных приборов типа (1×10). Ступень *ГИ* построена на коммутационных приборах типа (1×100) и представляет собой коммутационный блок [100×100]. Поле ступени *ГИ* разделено на 10 направлений с доступностью в каждом $D=10$. Ступень *ЛИ* выполнена на коммутационных приборах типа (1×100) посредством десяти коммутационных блоков [10×100]. Все ступени искания однозвенные. Упрощенное изображение АТС на 1000 номеров приведено на рис. 3.18*б*.

Для дальнейшего увеличения емкости АТС следует ввести вторую ступень группового искания. Предельная емкость АТС при этом может быть 10 000 номеров. Нумерация абонентских линий должна быть четырехзначной (0000—9999). Первая цифра должна поступать на *ІГИ* для отыскания нужной тысячной группы, вто-

рая — на *IIГИ* для отыскания сотенной группы в этой тысяче, и последние две цифры поступают на *ЛИ* для отыскания линии вызываемого абонента в данной сотенной группе. Функции *IГИ* и *IIГИ* по отысканию линий полностью совпадают. В обоих приборах подъемные движения вынужденные, а вращательные движения свободные. Дальнейшее увеличение емкости АТС достигается аналогичным образом — введением III, IV и т. д. ступеней группового искания и добавлением соответствующих цифр в абонентский номер. При этом каждая ступень ГИ увеличивает емкость АТС в 10 раз, если используется ДШИ-100. Таким образом, конечная емкость с тремя ступенями искания равна 100 000 номеров, с четырьмя — 1 000 000 номеров и т. д.

Общая емкость телефонной сети определяется следующим соотношением:

$$N_{\text{сети}} = H_1 H_2 \cdot \cdot \cdot H_s m,$$

где H_1, H_2, ..., H_s — число направлений, образованных соответственно на первой, второй и т. д. ступенях *ГИ*; m — число выходов одного коммутационного блока на ступени *ЛИ (АИ)*.

Для АТСДШ $m=100$, а число направлений на ступени *ГИ* не превышает десяти. На городских телефонных сетях единицей номерной емкости АТС принято считать емкость 10 000 номеров. Поэтому, если емкость телефонной сети превышает 10 000 номеров, то сеть строят районированно, т. е. имеют не одну АТС, а несколько.

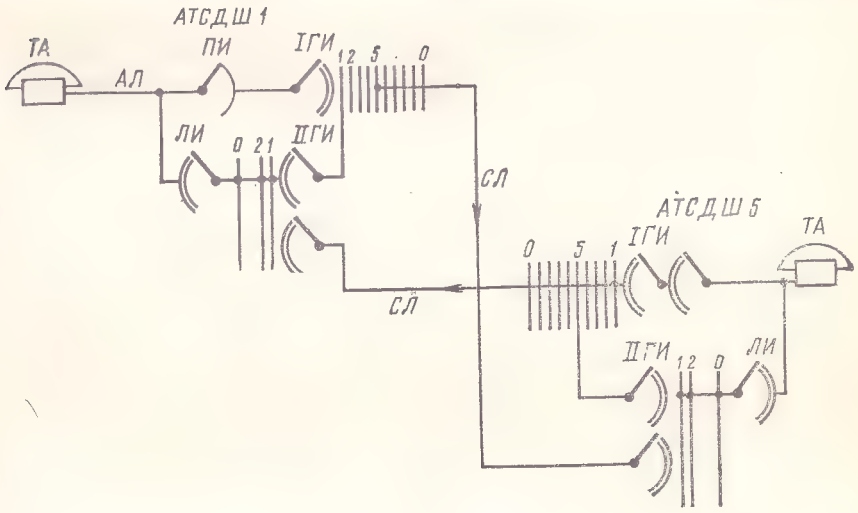


Рис. 3.19. Структура сети с двумя АТСДШ

На рис. 3.19 показана структура сети с двумя АТС декадно-шаговой системы с тремя ступенями группового искания. Предельная емкость сети при наличии 10 АТС составит 100 000 номеров, нуме-

рация пятизначная (00000—99999). Станции между собой связаны *соединительными линиями* (СЛ) одностороннего действия по способу «каждая с каждой».

Коммутационные системы на различных коммутационных приборах

Коммутационные системы узлов с однозвенными ступенями искания могут быть построены не только на шаговых и декадно-шаговых искателях, но и на коммутационных приборах других типов. На рис. 3.20 приведена *КС* узла, построенная на машинных иска-

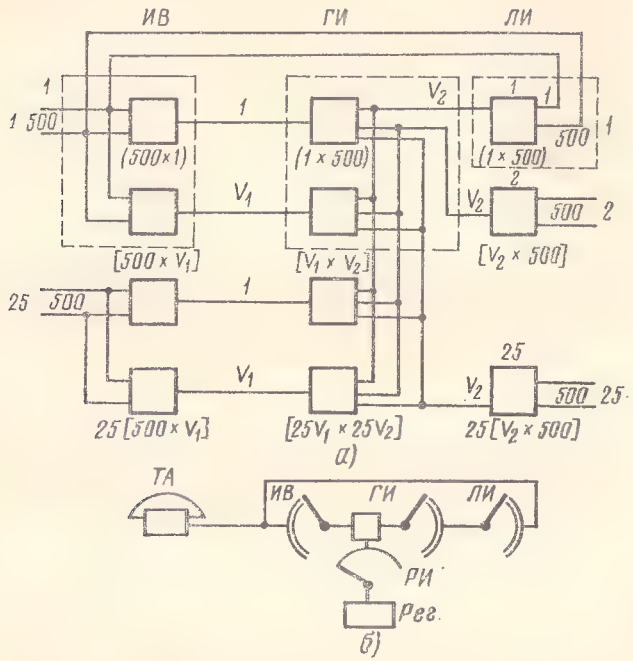


Рис. 3.20. Функциональная схема АТС на приборах типа (1×500):
а) развернутая; *б)* упрощенная

телях, представляющих собой прибор типа (1×500). Изображенная АТС так же, как АТС рис. 3.18, имеет одну ступень группового искания, но коммутационные блоки, из которых строятся ступени искания и сами ступени, будут иметь другие структурные параметры, поскольку коммутационный прибор имеет бо́льшую емкость контактного поля. В схеме рис. 3.20 используется обратное предыскание, поэтому абонентские линии подключаются в поле коммутационных приборов многократно на ступенях *ИВ* и *ЛИ*. На

ступени *ИВ* используются 25 коммутационных блоков типа $[500 \times V_1]$.

На ступени *ГИ* каждый выход из ступени *ИВ* заканчивается на входе коммутационного прибора. В машинных искателях поле разбито на 25 групп (рам) по 20 линий в каждой раме. Чтобы любой *ГИ* мог выбрать любую пятисотенную группу, контактное поле всех *ГИ* запараллеливается (соединяются одноименные выходы в одноименных рамах) и образуются 25 направлений. От каждого направления *ГИ* можно получить 20 выходов, если запараллеливаются одноименные контакты в соответствующей раме, т. е. образуют полнодоступный пучок выходов. Количество *ЛИ*, которое должно обслуживать пятисотенную абонентскую группу, определяется расчетом $V_{ЛИ} = f(Y, p, D_{ГИ})$ и может оказаться бо́льшим 20. В таком случае образуется неполнодоступный пучок из V_2 выходов соответствующего направления *ГИ* к ступени *ЛИ*. Следовательно, ступень *ГИ* образована из 25 коммутационных блоков типа $[V_1 \times V_2]$ и имеет $25V_1$ входов и $25V_2$ выходов. Доступность в каждом направлении ступени *ГИ* $D = 20$.

Ступень *ЛИ* образована из 25 коммутационных блоков $[V_2 \times 500]$ путем объединения выходов у V_2 приборов. Таким образом, используя коммутационные приборы типа (1×500), получаем *КС* станции, которая отличается от *КС* рис. 3.18 емкостью коммутационных блоков на различных ступенях искания и параметрами самих блоков. Максимальная емкость станции при одной ступени группового искания, построенной на коммутационных приборах типа (1×500), составит $N = Hm = 25 \cdot 500 = 12\,500$ номеров, т. е. в 12,5 раз больше, чем в станции, имеющей схему рис. 3.18. Введя еще одну ступень искания, можно увеличить емкость в 25 раз.

Заметим, что в связи с недекадным построением контактного поля искателя и необходимостью машинного привода для приведения щеток искателя в движение, непосредственного управления искателями со стороны абонента не производится. Для этой цели используется специальный прибор, называемый *регистром*, который принимает от вызывающего абонента адресную информацию о номере вызываемой абонентской линии, запоминает ее и затем посредством управляющих устройств соответствующей ступени искания управляет работой искателя для установления соединения. Искатели на ступени *ИВ* совершают свободное искание, на ступени *ГИ* вращательное движение — вынужденное, а радиальное — свободное. На ступени *ЛИ* оба движения вынужденные. На рис. 3.20*б* представлена упрощенная структурная схема АТС, построенная на машинных искателях.

Коммутационные системы узлов могут быть также построены с помощью коммутационных приборов типа (1×1), например посредством реле или электронного прибора. Функциональная схема *КС* станции (на приборах типа (1×1) емкостью на 1000 номеров с одной ступенью *ГИ* представлена на рис. 3.21. На ступени *ПИ* образовано 10 коммутационных блоков $[100 \times V_1]$ путем объединения входов коммутационных приборов типа (1×1) и последующего

объединения выходов. Для построения такого блока потребуется $100V_1$ реле, или электронных приборов, например транзисторов. На ступени *ГИ* образовано 10 коммутационных блоков типа $[V_1 \times 10V_2]$. Выходы всех 10 коммутационных блоков типа $[V_1 \times 10V_2]$ образуют многократное поле, разделенное на 10 направлений по V_2

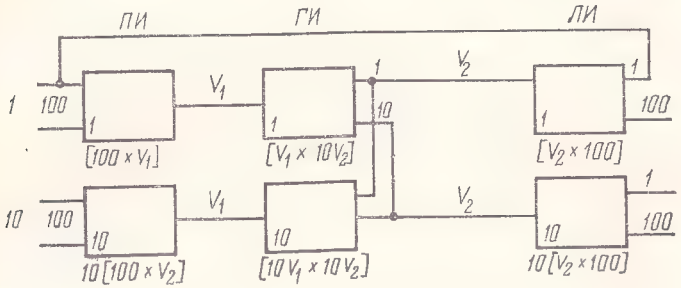


Рис. 3.21. Функциональная схема АТС на приборах типа (1×1)

выхода в каждом направлении. Следовательно, ступени *ГИ* имеют $10V_1$ входов и $10V_2$ выходов. Ступень *ЛИ* образована из 10 коммутационных блоков типа $[V_2 \times 100]$.

3.7. МНОГОЗВЕННЫЕ СТУПЕНИ ИСКАНИЯ

Структура многозвенных ступеней искания и их коммутационные параметры

Из анализа структур коммутационных систем (станций, приведенных на рис. 3.18—3.20) можно сделать вывод о том, что чем меньше доступность коммутационного прибора ($D=m$), тем большее число приборов потребуется для построения коммутационного блока, имеющего большую доступность. Например, для полу-

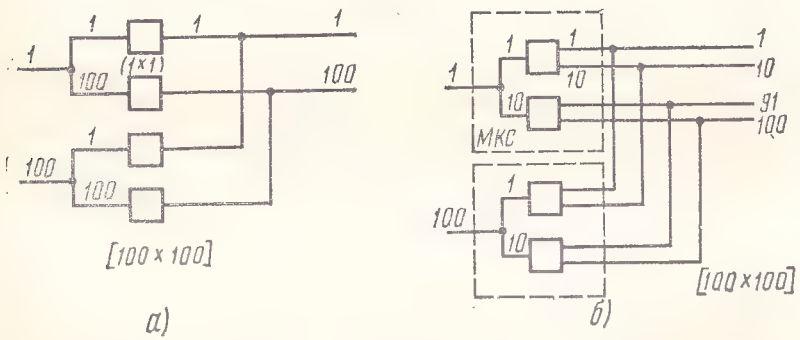


Рис. 3.22. Схемы коммутационных блоков [100×100]: *а)* на реле; *б)* на МКС

чения коммутационного блока на 100 входов, в котором каждому входу будет доступно 100 выходов ($D=100$), с помощью прибора типа (1×1), имеющего доступность $D=1$, потребуется 10 000 таких приборов (реле, транзисторов и т. д.) рис. 3.22*а*. Чтобы получить такой же блок посредством МКС, имеющего 10 вертикалей по 10 выходов в каждом, потребуется 1000 МКС, у каждого из которых объединены все входы, а затем объединены одноименные выходы одноименных вертикалей у всех МКС рис. 3.22*б*; на искателях ДШИ-100 для построения такого блока потребуется 100 приборов. Однако на этих же приборах блок, имеющий 100 входов и 100 выходов, можно построить более экономично, если использовать еще и операцию последовательного соединения коммутационных приборов и коммутационных блоков. Такой блок, построенный на приборах типа (1×1), показан на рис. 3.23,

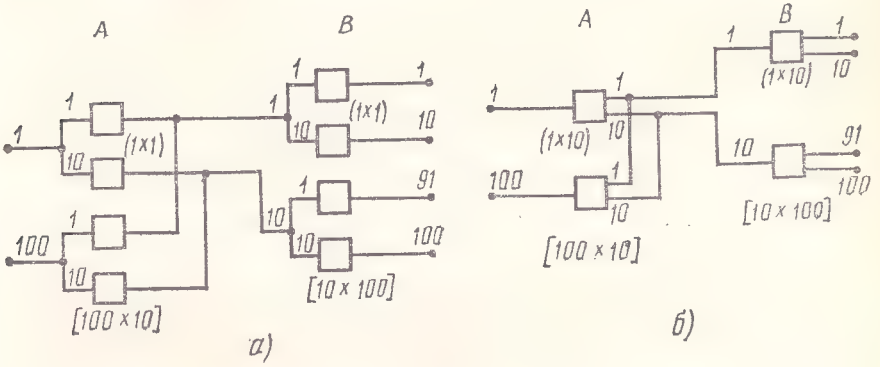


Рис. 3.23. Схемы двухзвенных блоков [100×10×100]:
а) на реле; *б)* на искателях типа (1×10)

а на МКС — на рис. 3.23*б*. В этих блоках при установлении соединения между входом и выходом коммутация осуществляется в двух местах. Сначала вход посредством коммутационного прибора, установленного на звене A, соединяется с *промежуточной линией*, идущей к звену B, затем ПЛ, являющаяся одновременно входом звена B, соединяется с выходом через коммутационный прибор, установленный на звене B. Изменение структуры блока привело к появлению нового параметра, поэтому такие блоки характеризуются тремя параметрами: количеством входов N, промежуточных линий V и выходов M и обозначаются $[N\times V\times M]$ или $[N, V, M]$.

Для построения таких двухзвенных блоков потребуется значительно меньше коммутационных приборов. Так, для построения коммутационного блока, изображенного на рис. 3.23*а*, потребуется 1000 реле на звене A и 100 реле на звене B, т. е. всего 1100 реле вместо 10 000 в однозвенном блоке (см. рис. 3.22*а*). Для построения блока в соответствии с рис. 3.23*б* потребуется 10 МКС на

звене *А* и 10 МКС на звене *В*, т. е. всего 20 МКС вместо 100, как это требуется в однозвенном блоке (см. рис. 3.22*б*). Таким образом, применение двухзвенных блоков вместо однозвенных дает существенное уменьшение количества коммутационных приборов для их построения, а следовательно, снижение стоимости блоков и общих капитальных затрат на построение коммутационного узла. Однако изменение структуры блока с одновременным изменением объема оборудования на их построение привело к изменению возможностей установления соединений между входами и выходами блока. В однозвенных блоках любому входу доступен любой выход, если он в данный момент свободен, т. е. эти блоки являются полнодоступными, в нашем случае $D=100$. В таких блоках отказ в соединении может наступить, если входов больше, чем выходов, т. е. при соотношении $N>M$, и все выходы в данный момент заняты. В двухзвенных блоках доступность входов по отношению к выходам не остается постоянной, а изменяется по мере увеличения числа установленных в данном блоке соединений. Если в блоках рис. 3.23*а* и *б* в данный момент нет соединений, то для любого входа, на который поступило требование, доступен любой из 100 выходов через любую из десяти промежуточных линий между звеньями *А* и *В*, т. е. $D=100$. Однако если одно соединение уже установлено, например вход *1* через звено *А*, ПЛ1, звено *В* соединен с выходом *1*, то для требования, поступившего на вход *100*, выходы *2—10* будут недоступны, поскольку ПЛ1 уже занята. Такое состояние выходов *2—10* называется *внутренней блокировкой*. Следовательно, для входа *100* доступными будут только 90 выходов (с 11-го по 100-й). В том случае, если абоненту нужен вполне определенный, например, выход *2*, то он получит отказ в соединении. Если для соединения можно использовать любой свободный выход, то отказа не произойдет и соединение будет установлено, например, через ПЛ2 с выходом *11*. При установленных двух соединениях в блоке доступность для входа, по которому поступило новое требование, будет еще меньше и равно 80, потому что две ПЛ уже к этому времени оказались заняты, вследствие чего 18 свободных выходов оказались заблокированными. Если в таком блоке установлено 10 соединений и поступило новое требование, то оно не будет обслужено, поскольку нет свободных ПЛ, хотя в блоке остались свободными еще 90 выходов, тогда как в блоках рис. 3.22 может быть установлено одновременно 100 соединений. Следовательно, доступность в двухзвенном коммутационном блоке меняется от $D_{макс}$ до $D_{мин}$. В блоке рис. 3.23 $D_{макс}=100$, а $D_{мин}=0$. Такое положение вызывает увеличение отказов в установлении соединений, а следовательно, потерь сообщений, т. е. ухудшается качество обслуживания соединений. Особенно это сказывается, если коммутационный блок работает на ступени линейного искания, где требуется установление соединения к вполне определенной линии, а она в этот момент может быть заблокирована вследствие занятости промежуточной линии. Двухзвенные коммутационные блоки по сравнению с одно-

звенными обладают меньшей пропускной способностью, т. е. при одинаковых потерях p пропускают меньшую нагрузку Y.

Рассмотрим более подробно структуру двухзвенного блока, имеющего N входов, V промежуточных линий и M выходов (см. рис. 3.9*а*). На звене A образовано k_A коммутаторов, имеющих n_A входов и m_A выходов. К выходам коммутаторов звена A подключены промежуточные линии (ПЛ) для связи со входами коммутаторов звена B. На звене B образовано k_B коммутаторов, имеющих n_B входов и m_B выходов. Число промежуточных линий, связывающих каждый коммутатор звена A с каждым коммутатором звена B, называется *связностью* блока f_{AB}. Следовательно, структурными параметрами блока являются: n_A, k_A, m_A, k_B, n_B, m_B и f_{AB}.

Между этими параметрами существуют следующие соотношения: число входов блока $N=k_An_A$; число выходов блока $M=k_Bm_B$; число промежуточных линий $V=m_Ak_A=k_Ak_Bf$; число коммутаторов на звене A: $k_A=N/n_A$; число коммутаторов на звене B: $k_B=V/fk_A$. При связности $f=1$ $k_B=m_A$, а $n_B=k_A$.

Пропускная способность блока, т. е. допустимая нагрузка Y при заданных потерях p, в значительной степени определяется соотношением между числом промежуточных линий и входов блока или между числом выходов коммутатора звена A и числом его входов:

$$\sigma = V/N = m_A/n_A.$$

Если $\sigma>1$, то имеет место *расширение* на звене A, т. е. переход от меньшего числа линий к большему. Если $\sigma<1$, то имеет место *сжатие* — переход от большего числа линий к меньшему. Выбор коэффициента σ определяется назначением ступени искания, в которой работает коммутационный блок.

Как уже было показано, особенностью звеньевых блоков является переменная доступность. При этом число выходов блока, доступных входу, по которому поступил вызов, зависит от состояния того коммутатора звена A, в который включен данный вход. Так, если соединение входа блока с выходом осуществляется в режиме свободного искания, то для первого вызова (при $f_{AB}=1$), поступившего на вход коммутатора звена A, все выходы M звена B будут доступны $D_1=m_Am_B=k_Bm_B=M$, при $f=1$ $m_A=k_B$. Для второго вызова, поступившего на тот же коммутатор звена A, доступность уменьшится и будет равна $D_2=m_B(k_B-1)$, поскольку одна промежуточная линия из данного коммутатора звена A уже занята. Для третьего вызова $D_3=m_B(k_B-2)$ и т. д. Для последнего вызова доступность будет минимальной и равной $D_{мин}=m_B[k_B-(n_A-1)]$.

В схемах со сжатием при $m_A<n_A$ $D_{мин}=0$. Такое состояние возникает в том случае, если в коммутаторе звена A число занятых входов равно количеству имеющихся выходов m_A. Тогда для других входов нет доступа к коммутаторам звена B, поскольку все ПЛ из коммутатора звена A уже заняты. Следовательно, по-

тери сообщения в звеньевых схемах могут возникать не только при занятости всех выходов, как в однозвенных схемах, но и когда заняты все промежуточные линии, доступные данному входу, или свободны промежуточные линии лишь к тем коммутаторам звена *B*, где заняты все выходы.

Вследствие наличия внутренних блокировок звеньевые блоки при заданных потерях сообщения обладают меньшей пропускной способностью, чем однозвенные полнодоступные блоки с тем же числом входов *N* и выходов *M*. Для уменьшения внутренних блокировок в коммутационных блоках используются различные способы в зависимости от того, на какой ступени искания эти блоки установлены: увеличивают число ПЛ между звеньями (увеличивают коэффициент расширения σ), производят рациональное включение выходов в направлениях, увеличивают число звеньев соединения, осуществляют обусловленное искание выходов и промежуточных линий, используют транспонирование (перемещенное) включений абонентских линий, перестроение ранее установленных соединений с целью освобождения соединительных путей для нового соединения.

Увеличение числа ПЛ между звеньями *A* и *B* уменьшает внутренние блокировки. На рис. 3.24 представлены коммутационные блоки [100×20×100], в которых коэффициенты σ увеличены в 2 раза по сравнению со схемами рис. 3.23. Для образования такого блока все входы разбиваются на две группы, каждая из которых обслуживается коммутационным блоком [50×10]. Следовательно, число промежуточных линий будет 20. Эти линии являются входами блоков звена *B*. Но для их включения необходимо на звене *B* добавить еще один коммутационный блок [10×100]. Выходы блоков звена *B* объединяются для подключения 100 общих выходов со звена *B*. При этом внутренние блокировки будут уменьшаться. Так, при отсутствии соединения в блоке доступность каждого входа по отношению к выходу будет равна 100. Если первый вход звена *A* соединен с первым выходом звена *B* через ПЛ1, то при поступлении требования, например, с входа 50 доступность станет равной 90, однако, если требование поступило на входы *51—100*, доступность выходов останется равной 100. Следовательно, в таком блоке, хотя и будут внутренние блокировки, однако они будут меньше, чем в блоках рис. 3.23. Уменьшение внутренних блокировок достигается за счет изменения структурных параметров блока и увеличения числа коммутационных приборов (объединенных в блоки) на звене *B*. Величина коэффициента σ определяется при расчете коммутационного блока.

Рациональное включение выходов в направлениях должно осуществляться на ступенях группового искания. В двухзвенных блоках режим искания влияет на величину внутренних блокировок. При работе блока рис. 3.24*б* в режиме свободного искания блокировки выходов приведут к отказу в соединениях только в том случае, если в блоке [50×10] звена *A* уже

установлены 10 соединений. При этом входы, включенные во второй блок звена *А*, могут получать соединения к заблокированным для первого блока выходам, если в этом блоке число уже установленных соединений не превышает 10. Таким образом, в

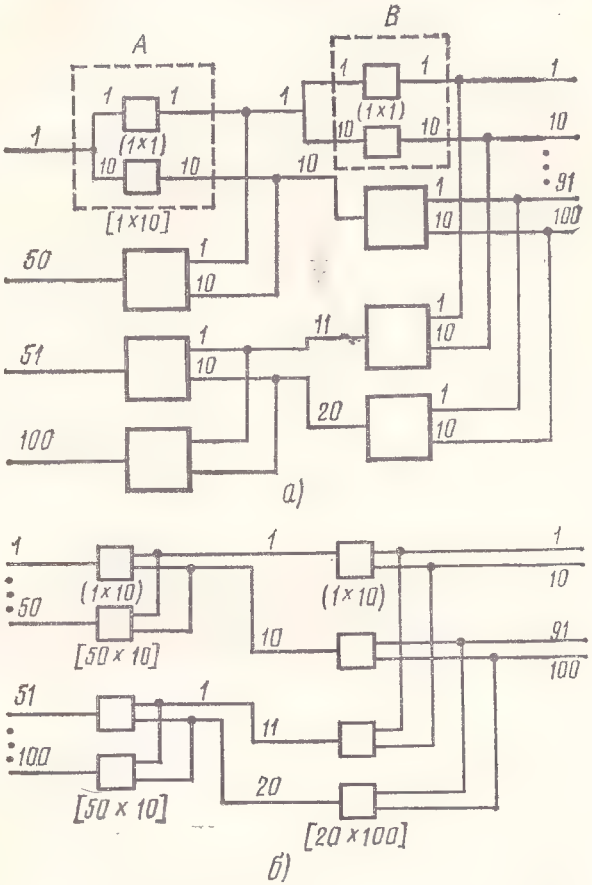


Рис. 3.24. Схемы коммутационных блоков [100×20×
×100]:
а) на реле; *б)* на искателях (1×10)

рассматриваемом блоке одновременно может быть установлено 20 соединений.

Если данный блок установлен на ступени *ГИ*, где выходы разбиты на группы, образующие направления, то способ объединения выходов по направлениям оказывает влияние на величину внутренних блокировок. Рассмотрим это на примере рис. 3.24*б*. В данном коммутационном блоке образуется 10 направлений по 10 выходов в каждом направлении, поэтому объединять выходы в нап-

равления можно двумя способами: а) первому направлению предоставлять выходы звена *B* с 1-го по 10-й, второму — с 11-го по 20-й и последнему — с 91-го по 100-й; б) первому направлению предоставлять выходы: *1, 11, 21, 31, ..., 91*, второму: *2, 12, 23, 33, ..., 93* и десятому: *10, 20, 30, ..., 90, 100*. Следовательно, максимальная доступность в каждом направлении для обоих случаев объединения равна десяти ($D_{макс}=10$).

При объединении по первому способу (а) для первого вызова, поступившего с входа первого блока звена *A* (пусть этим входом будет вход *1*), требуется установить соединение со свободным выходом в направлении. Для этой цели на звене *A* должно быть установлено соединение с ПЛ1 и далее на звене *B* с выходом *1* в первом направлении. Если из того же блока звена *A* поступают новые требования для установления соединения с выходом в первом направлении, то это требование не будет удовлетворено, хотя в этом направлении имеется девять свободных выходов, но они заблокированы, так как занята ПЛ1, через которую можно было бы с ними соединяться. Если требование поступает, например, с входа *51* второго блока звена *A* для соединения с выходом в первом направлении, то это требование будет удовлетворено и соединение будет установлено через ПЛ11, например с выходом *2*. Однако если теперь поступит требование с входа *100* в том же направлении, то соединение установлено не будет, поскольку оставшиеся восемь выходов будут заблокированы. Следовательно, в каждом направлении одновременно могут быть установлены только два соединения, что приводит к большим внутренним блокировкам.

Рассмотрим второй способ (б) включения выходов в направлениях. Если для входа *1* звена *A* установлено соединение с выходом *1* в первом направлении звена *B* через ПЛ1, то для другого входа, например *50*, этого же блока звена *A* может быть установлено соединение к девяти линиям *(11—91)* через ПЛ2—ПЛ10. Следовательно, второй способ включения входов в направлениях дает существенное уменьшение внутренних блокировок и не требует добавления коммутационного оборудования.

Увеличение числа звеньев является одним из способов уменьшения внутренних блокировок. Если блок, изображенный на рис. 3.24*б*, установлен на ступени *ЛИ*, то при поступлении вызова на вход звена *A* его требуется соединить с одним вполне определенным выходом на звене *B*, например вход *1* звена *A* может быть соединен с выходом *10* звена *B* только через ПЛ1. Если после установления данного соединения поступит требование с входа *50* на установление соединения с выходом *2*, то оно не может быть установлено, так как занята ПЛ1 и остальные девять выходов будут заблокированы. Следовательно, в режиме линейного искания двухзвенный коммутационный блок будет иметь очень большие внутренние блокировки, поэтому на ступенях линейного искания, как правило, их не применяют. Блокировки можно уменьшить добавлением еще одного звена соединения.

Проиллюстрируем это на примере блока 20×20×40×100, имеющего 20 входов, 20 $ПЛ_{BC}$, 40 $ПЛ_{AB}$ и 100 выходов (рис. 3.25*а*). Рассмотрим сначала два звена этого блока — *A* и *B*. Если входы блока включить на звене *B*, то при установлении соединения, например от входа *1* к выходу *11*, будет заниматься ПЛ1 (рис. 3.25*б*). При этом вход *2* не может быть соединен ни с одним из выходов, находящемся в том же десятке, поскольку соединение можно получить только через ПЛ1, а она уже занята. Такая же ситуация будет сохраняться и для входов *3, 4, 5*.

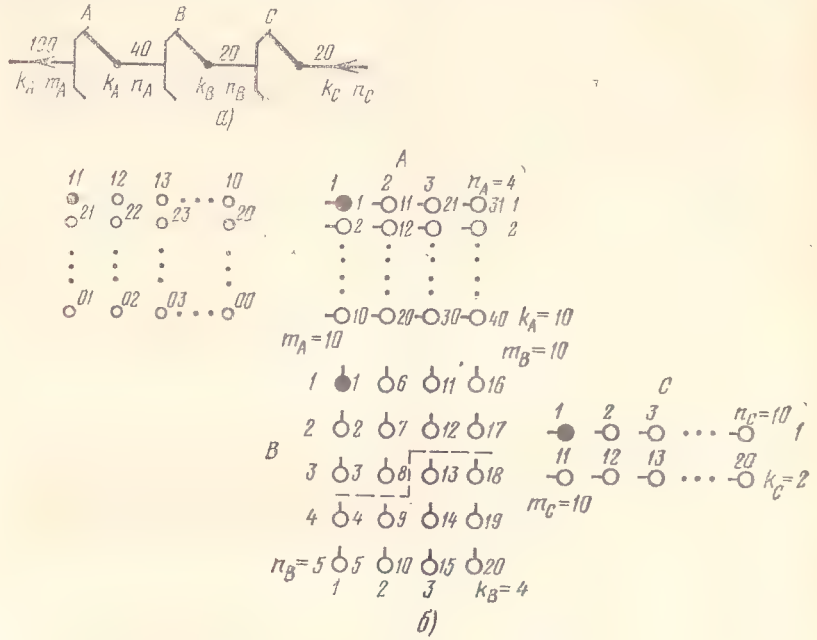


Рис. 3.25. Схемы коммутационного блока ступени *АИ*:
а) структурная; *б)* группообразования

Если еще добавить звено *C* и входы блока включить не на звено *B*, а на звено *C*, то вход *1* (уже на звене *C*) будет соединен с выходом *11* звена *A* через ПЛ1 между звеньями *C* и *B* и ПЛ1 между звеньями *B* и *A*. Благодаря этому вход *2* может получить соединение с любым выходом в этом же десятке через свободные и доступные промежуточные линии между звеньями *C* и *B (6, 7, 8, 11, 12, 17)* и между звеньями *B* и *A (11, 21, 31)*. Каждому входу звена *C* доступны 10 $ПЛ_{CB}$ и 4 $ПЛ_{BA}$. Следовательно, добавление еще одного звена приводит к уменьшению внутренних блокировок, однако требует увеличения коммутационного оборудования. Если данный коммутационный блок выполняется на МКС, то введение звена *C* требует добавления двух МКС. Аналогичным образом можно строить четырех-, пяти- и т. д. звенные схемы.

Обусловленное искание — это процесс отыскания свободного выхода и одновременно свободных и доступных ПЛ между звеньями, через которые может быть установлено соединение входа с выходом. Процесс соединения предусматривает два этапа искания: свободной и доступной ПЛ и свободного (или требуемого в режиме линейного искания) выхода. Эти этапы выполняются последовательно или одновременно. При последовательном осуществлении этих этапов может быть такая ситуация, когда при наличии свободных выходов может быть получен отказ в установлении соединения. Подтвердим это примером. Предположим, что в коммутационном блоке (см. рис. 3.25*б*), работающем в режиме группового искания, входу *50* требуется установить соединение со свободным выходом в первом направлении (выходы *1, 11, 21, ..., 91*). При осуществлении первого этапа занимается ПЛ1, однако при выполнении второго этапа оказалось, что линия *1* занята, следовательно, соединение не сможет быть установлено, хотя в первом направлении все остальные линии (*11, ..., 91*) могут быть свободными. Поэтому при установлении соединения в звеньевых коммутационных блоках осуществляется обусловленное искание, сущность которого заключается в том, что занимается только та ПЛ, которая в данный момент может быть соединена со свободным выходом. Если выход занят, то данная ПЛ не занимается и отыскивается такая, которая может быть соединена со свободным выходом. Таким образом, обусловленное искание уменьшает количество отказов в соединении, а следовательно, повышает качество обслуживания.

Коммутационная система с многозвенными ступенями искания

Многозвенные блоки для построения коммутационных систем узлов связи нашли широкое применение в координатных, квазиэлектронных и электронных системах АТС. Рассмотрим построение коммутационной системы координатной АТС, использующей три типа ступеней искания: абонентского, группового и регистрового (рис. 3.26). Ступень абонентского искания *АИ* при исходящей связи работает в режиме свободного искания, а при входящей — в режиме линейного искания. На ступени группового искания *ГИ* осуществляется режим группового искания, и на ступени

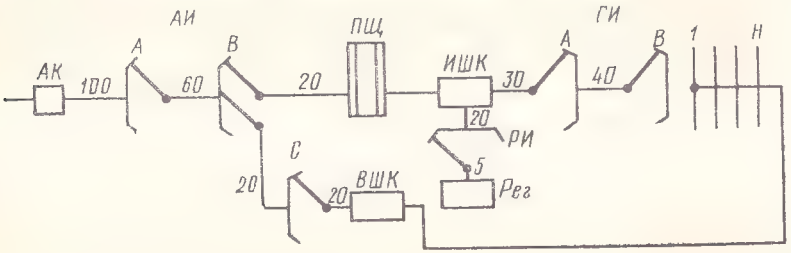


Рис. 3.26. Функциональная схема координатных АТС

регистрового искания *РИ* — режим свободного искания. В соответствии с режимами искания выбираются коммутационные блоки для соответствующих ступеней, а в соответствии с емкостью АТС и поступающей нагрузкой определяются количество коммутационных блоков и их структурные параметры.

Ступень *АИ* при исходящей связи устанавливает соединение абонентской линии со свободным выходом к ступени *ГИ* через два звена *А* и *В*. При входящей связи осуществляется соединение входа с требуемой абонентской линией через три (или четыре) звена *С, В, А*. Коммутационный блок ступени *АИ* представлен на рис. 3.27. На звене *А* посредством вертикалей емкостью на 20 вы-

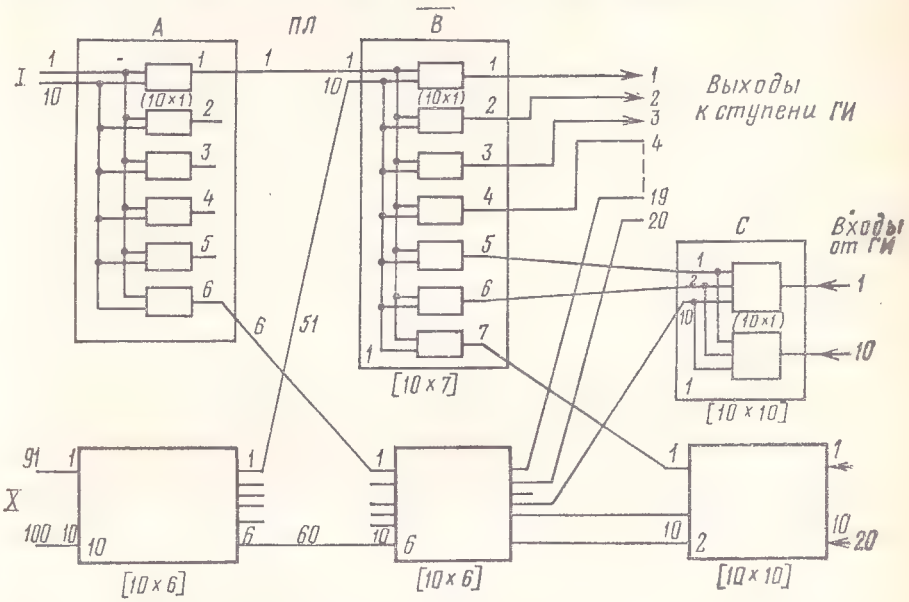


Рис. 3.27. Структурная схема блока *АИ*

ходов строятся коммутационные блоки звена *А* на 10 входов и 6 выходов [10×6] путем объединения выходов. Во входы вертикалей включаются ПЛ к звену *В*, а в выходы — абонентские линии. Таких блоков устанавливают 10. На звене *В* образованы коммутационные блоки типа [10×7] и часть блоков [10×6], во входы которых включаются ПЛ от звена *А*, в одну часть выходов — исходящие линии к блоку *ГИ*, а в другую — ПЛ к звену *С*.

Блоки звена *В* образуются путем объединения выходов у семи или шести вертикалей. Блоки звена *С* типа [10×10] получены путем объединения выходов 10 вертикалей. Во входы блоков включаются внутристанционные линии от блока *ГИ*, а в выходы — ПЛ к блоку звена *В*. Все коммутационные блоки звеньев *А, В, С* полнодоступные. Более подробно схемы группообразования блоков координатных АТС изучаются в гл. 6 и 7 учебника.

3.8. НЕБЛОКИРУЮЩИЕ КОММУТАЦИОННЫЕ БЛОКИ

В ранее рассмотренных многозвенных коммутационных блоках имели место внутренние блокировки. В некоторых случаях требуется построить коммутационные блоки (а иногда и коммутационные системы), в которых не должно быть внутренних блокировок. Такие коммутационные блоки могут быть как однозвенными, так и многозвенными. В полнодоступных однозвенных коммутационных блоках внутренние блокировки отсутствуют. Однако строить однозвенные блоки с использованием коммутационных приборов, обладающих малой доступностью входов по отношению к выходам, неэкономично, так как требуется большое количество коммутационных приборов для их построения. Поэтому применяют многозвенные блоки с такой структурой, которая полностью устраняет внутренние блокировки и требует меньшего объема коммутационного оборудования, чем однозвенная схема с таким же количеством входов и выходов. Объем оборудования коммутационных блоков или систем обычно определяют по суммарному числу точек коммутации, посредством которых можно сравнивать между собой коммутационные схемы, предназначенные для решения одинаковых коммутационных задач.

В работах Клоза [22] показано, что симметричная, трехзвенная, односвязная схема будет полнодоступной неблокирующей при условии $m_1 \geqslant (2n_1 - 1)$ (рис. 3.28).

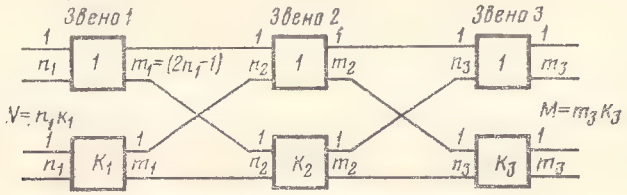


Рис. 3.28. Трехзвенная полнодоступная схема

В симметричной схеме $N = k_1 n_1 = M = k_3 m_3$, при этом $k_3 = k_1$, а $m_3 = n_1$, $k_2 = m_1$, $n_2 = k_1$, $m_2 = k_1$.

В такой схеме независимо от того, сколько соединений уже установлено, всегда найдется свободный соединительный путь между входом, по которому поступило требование на соединение, и выходом. Следовательно, такая схема не имеет внутренних блокировок.

Число точек коммутации определяется из следующего выражения:

$$T = k_1 n_1 m_1 + k_2 n_2 m_2 + k_3 n_3 m_3 = k_1 n_1 (2n_1 - 1) + (2n_1 - 1) k_1 k_1 + k_1 (2n_1 - 1) n_1.$$

Определим число точек коммутации для схемы, имеющей $N = 100$. Структурные параметры схемы будут: для первого зве-

на $k_1=10$, $n_1=10$, $m_1=19$, для второго звена $k_2=19$, $n_2=10$, $m_2=10$, для третьего звена $k_3=10$, $n_3=19$, $m_3=10$. Подставляя значения структурных параметров в выражение для определения общего числа точек коммутации, получим $T=5700$.

Число точек коммутации для однозвенной полнодоступной схемы при $N=100$ будет равно $T=NM=N^2=10\,000$. Как видно из примера, трехзвенная схема будет иметь меньшее число точек коммутации, чем однозвенная, и, следовательно, потребуется меньшее число коммутационных приборов для ее построения.

Число точек коммутации в симметричной трехзвенной полнодоступной (неблокирующей) схеме можно определить по формуле

$$T = 6N^{3/2} - 3N.$$

Количество точек коммутации для однозвенной и трехзвенной схем при разном значении числа входов N приведено в табл. 3.1.

Таблица 3.1

КОЛИЧЕСТВО ТОЧЕК КОММУТАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ВХОДОВ N

Количество входов $N=M$	Количество точек коммутации		Количество входов $N=M$	Количество точек коммутации	
	Однозвенная схема	Трехзвенная схема		Однозвенная схема	Трехзвенная схема
4	16	36	64	4096	2880
9	81	135	81	6561	4131
16	256	336	10^2	10^4	5700
25	625	675	10^3	10^6	186 737
36	1296	1188	10^4	10^8	5 970 000

При большом числе входов и выходов трехзвенные неблокирующие схемы имеют меньшее число точек коммутации, чем однозвенные. Из табл. 3.1 видно, что уже при $N=36$ трехзвенные схемы становятся экономичнее.

Неблокирующие полнодоступные схемы могут быть построены посредством различных коммутационных приборов путем операции объединения входов и выходов и последовательного соединения. Схемы такого рода применяются в коммутационных системах, где необходимо получить полнодоступные ступени искания и в том случае, если использование этих схем окажется экономически целесообразным.

3.9. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕСТРОЕНИЯХ В КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В многозвенных коммутационных системах внутренние блокировки можно уменьшить или полностью устранить путем перестроения ранее установленных соединений с целью освобождения промежуточных линий для установления нового соединения. Если

в момент поступления требования на установление соединения оно не может быть осуществлено из-за отсутствия свободных и доступных промежуточных линий, то при отсутствии перестроений будет иметь место потеря сообщения.

Сказанное иллюстрируется схемой рис. 3.29. В данной трехзвенной коммутационной системе, построенной на коммутаторах на два входа и два выхода, уже установлены два соединения: 1) вход

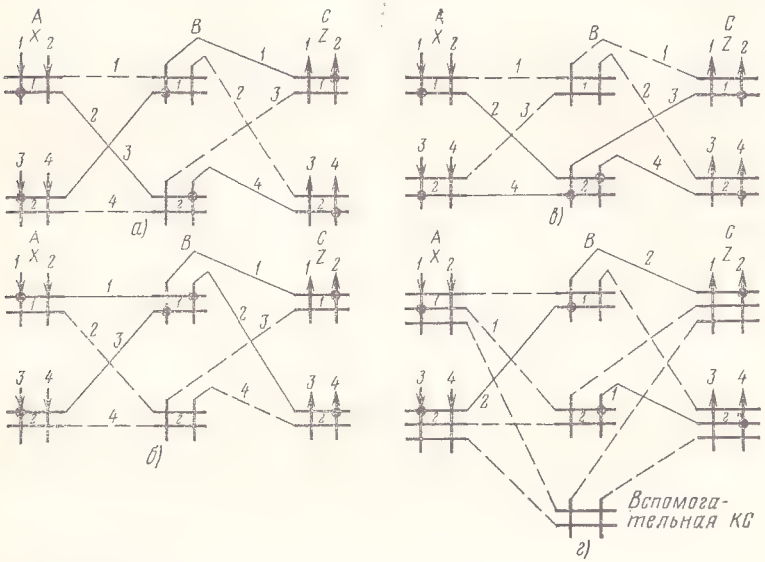


Рис. 3.29. Перестраиваемая коммутационная система:
а) заблокированное состояние; *б)* первое перестроение; *в)* второе перестроение; *г)* КС без перерыва связи

X_1 соединен с выходом Z_4 через второй коммутатор звена B (ПЛ2 между звеньями A и B в ПЛ4 между звеньями B и C) и 2) вход X_3 соединен с выходом Z_2 через первый коммутатор звена B (ПЛ3 между звеньями A и B и ПЛ1 между звеньями B и C). При поступлении требования на соединение входа X_2 с выходом Z_1 будет получен отказ в соединении, так как в данном состоянии КС нет свободных промежуточных линий, через которые можно было бы установить требуемое соединение, хотя выход Z_1 свободен, т. е. имеет место явление внутренней блокировки. На рис. 3.29 сплошными линиями показаны занятые, а пунктиром — свободные промежуточные линии.

Однако, если в данной КС произвести перестроение ранее установленных соединений сначала для входа X_1 и выхода Z_4, как это показано на рис. 3.29*б*, а затем и для соединения входа X_3 с выходом Z_2, как это показано на рис. 3.29*в*, то становится возможным устранить внутренние блокировки и соединить вход X_2 с выходом Z_1 через первый коммутатор звена B (ПЛ2 между

звеньями A и B и ПЛЗ между звеньями B и C). Для устранения внутренней блокировки потребовалось переустановление двух соединений. Из анализа схем рис. 3.29 видно, что переход $КС$ из состояния, изображенного на рис. 3.29*а*, в состояние, изображенное на рис. 3.29*в*, может быть осуществлен путем перестроения только одного соединения входа X_3 с выходом Z_2.

Перестроение в $КС$ осуществляется управляющим устройством, поэтому время его занятия будет тем меньше, чем меньше перестроений осуществляется для устранения внутренних блокировок. Поэтому алгоритм перестроения должен быть таким, чтобы число перестроений для устранения блокировок было бы минимальным. Следовательно, перестроения способствуют уменьшению потерь в коммутационной системе и увеличивают ее пропускную способность без увеличения объема коммутационного оборудования. Однако при этом усложняются управляющее устройство и алгоритм его работы при установлении соединений.

Перестроение ранее установленных соединений должно осуществляться без перерывов связи или в такие короткие перерывы, чтобы абонент их не заметил. Если через $КС$ осуществляется коммутация каналов для передачи телефонных переговоров, то при построении $КС$ на электронных приборах абоненты эти перерывы не ощущают. Если же коммутируются каналы, по которым осуществляется передача данных, то даже кратковременные перерывы могут привести к искажению информации. В таких случаях к основной $КС$ добавляется вспомогательная $КС$ (рис. 3.29*г*), через которую устанавливаются соединения, параллельные ранее установленным, и только после этого соединения в основной системе нарушаются для целей перестроения. После того как в основной $КС$ будут найдены пути и произведено переустановление ранее установленного соединения, во вспомогательной $КС$ соединения нарушаются. Это позволяет производить перестроения без перерывов связи в ранее установленных соединениях.

Перестраиваемые коммутационные системы могут найти применение в перспективных квазиэлектронных и электронных коммутационных узлах, имеющих электронные управляющие устройства, способные быстро анализировать состояние $КС$ в момент поступления требования на соединение и в случае невозможности установления требуемого соединения из-за наличия внутренних блокировок в $КС$ производить перестроения по оптимальному алгоритму. При этом управляющее устройство может ограничивать количество переустанавливаемых соединений для устранения внутренних блокировок в том случае, если на перестроения будет требоваться значительное время занятия управляющего устройства.

Исследования показывают, что в большинстве случаев число перестроений для устранения блокировок не превышает 2—4. Когда требуется бо́льшее число перестроений, управляющее устройство может выдать сигнал отказа в установлении соединений.

Для определения технико-экономической целесообразности использования КС с перестроениями следует проанализировать по-

казатели объема и стоимости оборудования как КС, так и блоков управляющих устройств, обеспечивающих перестроения. Если эти показатели будут лучше, чем в коммутационных системах, обладающих той же пропускной способностью и потерями, но не имеющих перестроений, то следует строить коммутационные узлы на основе перестраиваемых коммутационных систем.

3.10. МНОГОКООРДИНАТНЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Способы разделения каналов в коммутационных системах

В предыдущих разделах рассматривались коммутационные блоки и коммутационные системы с пространственным разделением каналов, причем каждый канал характеризовался только по пространственному признаку, и его местоположение определялось одной или несколькими координатами, каждая из которых имела только пространственный признак. Однако в технике электросвязи широко используются уплотненные линии связи, в которых каждый канал характеризуется не только пространственным, но частотным или временны́м признаком. Так, в системах передачи с высокочастотным уплотнением (ВЧ) каждый канал характеризуется пространственным признаком (координатой), т. е. принадлежностью канала той или иной уплотненной линии и спектром частот, отведенным для данного канала в уплотненной линии. В системах передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) каждый канал характеризуется пространственным признаком, характеризующим уплотненную линию, в которой находится канал, и временны́м положением канала. Следовательно, в этих системах каналы характеризуются признаками (координатами) двух типов: пространственными и частотными, пространственными и временны́ми.

Можно представить системы, в которых разделение каналов осуществляется не по двум, а по трем, четырем и т. д. признакам. Эти же признаки разделения каналов могут использоваться и при построении коммутационных систем коммутационных узлов и станций, предназначенных для коммутации каналов на время передачи информации. Коммутационные системы, в которых канал характеризуется не одним, а несколькими признаками, получили название *многокоординатных*. Чаще всего в многокоординатных коммутационных системах для разделения каналов используются те же признаки, что и в системах передачи.

В настоящее время находят применение системы передачи с пространственно-частотным и пространственно-временны́м признаками разделения каналов.

Рассмотрим принципы построения коммутационных блоков, в которых разделение каналов осуществляется по двум признакам: пространственному и временно́му. На основании этих блоков можно строить коммутационные системы с пространственно-временны́м способом разделения каналов.

Принцип построения пространственно-временно́го коммутационного блока

Разделение каналов по времени осуществляется с помощью одного из видов импульсной модуляции, применяемых в технике многоканальных систем связи. При импульсной модуляции (рис. 3.30) сигнал передается не непрерывно, а рядом его дискретных значений (импульсов), по которым на приемном конце сигнал восстанавливается. Мгновенное значение передаваемого сигнала можно отображать различными способами: амплитудой импульса — амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), длительностью (шириной) импульса — импульсная модуляция по длительности (ДИМ), положением импульса во времени относительно начальной (тактовой) точки — временна́я импульсная модуляция (ВИМ) и т. д. При импульсной модуляции частота следования импульсов должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить передачу разговорного спектра без значительных искажений.

Согласно теореме Котельникова сигнал любой формы, являющийся функцией времени с ограниченным спектром частот от 0 до $f_{макс}$, можно передавать рядом дискретных значений с частотой следования, примерно в 2 раза большей наивысшей частоты передаваемого сигнала

$$f_и = 2f_{макс}, \tag{3.13}$$

где $f_{макс}$ — наивысшая частота передаваемого сигнала; $f_и$ — частота повторения импульсов.

Период повторения импульсов $T_и = 1/f_и$. Поскольку каждый импульс занимает только часть периода повторений $T_и$, имеется возможность в промежутках между импульсами, несущими информацию о передаваемом сигнале, передать информацию о других сигналах, сдвинутых по времени, что позволяет иметь несколько временны́х каналов (рис. 3.30*б*). Каждому каналу присваивает-

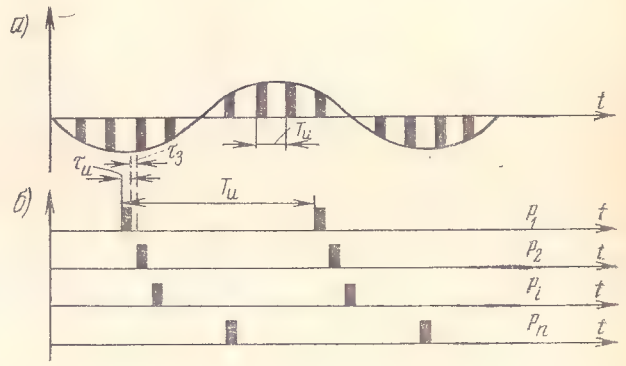


Рис. 3.30. Принцип импульсно - временно́го разделения каналов:
а) импульсная передача аналогового сигнала; *б*) образование временны́х каналов

ся определенная импульсная последовательность p_i с одной и той же частотой следования, но сдвинутая по времени. Так, если сче-

тать наивысшей разговорной частотой $f_{макс}=3400$ Гц, то частоту повторения импульсов следует взять не менее $f_и \geqslant 2 \cdot 3400 = 6800$ Гц. Примем $f_и = 8$ кГц, тогда период повторения будет равен $T_и = 1/f_и = 1/8 \cdot 10^3 = 125$ мкс.

Длительность импульса $\tau_и$ зависит от числа разговорных каналов n и определяет время замыкания контакта разговорного тракта. Обычно длительность импульса принимают равной от 0,5 до 10 мкс. Для увеличения переходного затухания между импульсами разных серий делают защитные промежутки $\tau_з$, равные $\tau_з = 2{,}5$ мкс, то за период повторения $T_и = 125$ мкс можно получить 10 различных каналов.

$$n = \frac{T_и}{\tau_и + \tau_з}. \qquad (3.14)$$

Если принять частоту следования импульсов $f_и = 8$ кГц, длительность импульса $\tau_и = 10$ мкс, длительность защитного промежутка $\tau_з = 2{,}5$ мкс, то за период повторения $T_и = 125$ мкс можно получить 10 различных каналов.

Принцип импульсно-временно́го разделения каналов с модуляцией разговорных токов по амплитуде показан на рис. 3.31. Из

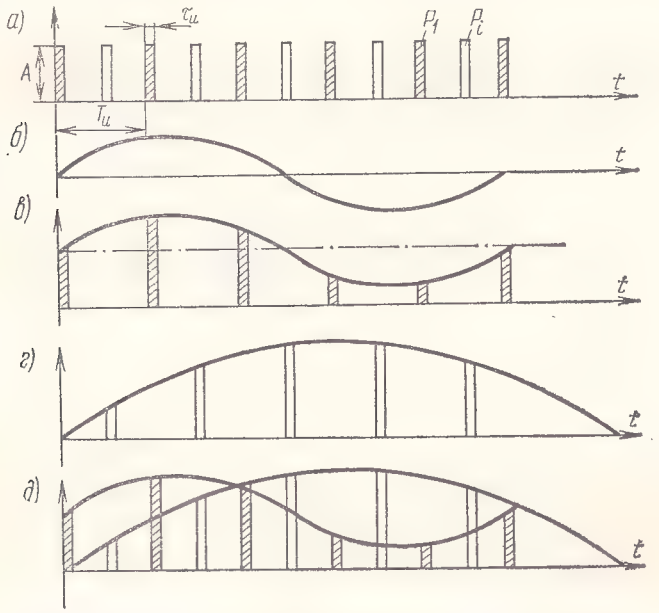


Рис. 3.31. Принцип образования двух каналов для передачи сигналов

рисунка видно, что низкочастотный разговорный сигнал изменяет амплитуду несущих импульсов канала пропорционально мгновенным значениям напряжения разговорного тока. Если на приемном

конце производится выделение канала с помощью строго синхронизированных импульсов, то может быть осуществлена демодуляция, которая восстановит первоначальный сигнал по дискретным значениям модулированных импульсов. Точность восстановления будет тем больше, чем выше частота следования несущих импульсов.

На рис. 3.32 представлен электронный коммутационный блок на n входов и m выходов. Входами и выходами данного блока являются линии с импульсно-временны́м уплотнением. Каждая входящая линия X характеризуется пространственной координатой i ($i = 1, 2, ..., n$), а исходящая Y — координатой j ($j = 1, 2, ..., m$), каждый канал p в линии X или Y определяется координатой k (где $k = 1, 2, ..., c$). Следовательно, канал p в уплотненной линии X определяется координатами i и $k(p_{ik})$, а в уплотненной линии Y — координатам k и j (p_{kj}). Для установления соединения, например, между каналом p_1 линии X_1 и каналом p_1 линии Y_m необходимо подать на электронный контакт $ЭК_{1m}$, соединяющий линию X_1 с линией Y_m, импульсную последовательность, передаваемую первому каналу p_1 от импульсного генератора $Г$. Благодаря этому $ЭК_{1m}$ будет замыкаться с периодичностью p_1 и пропускать передаваемую информацию. Подача импульсной последовательности осуществляется управляющим устройством $УУ$.

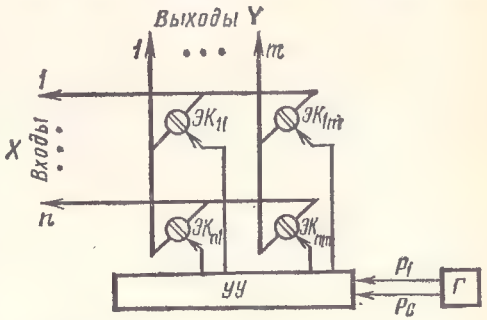


Рис. 3.32. Коммутационный блок с пространственно-временны́м способом разделения каналов

Поскольку электронный контакт в разговорном тракте открывается на очень малые промежутки времени, разговорный ток, приходящий на вход, передается на выход в виде импульсов. Для обеспечения неискаженной передачи амплитуда разговорных токов, поступающих на вход $ЭК$, должна быть меньше амплитуды импульсов, открывающих контакт. В электронном контакте происходит модуляция импульсов, и на выход поступает последовательность импульсов, модулированных по амплитуде. Для осуществления разговора эту последовательность нужно демодулировать, т. е. выделить из нее низкочастотную составляющую разговорных токов, поступающих на вход $ЭК$. Демодуляция осуществляется с помощью фильтра нижних частот (ФНЧ), который обычно имеет частоту среза, равную половине частоты повторения импульсов.

Рассмотренный коммутационный блок позволяет осуществлять коммутацию только одинаковых временны́х каналов входящих и исходящих линий. Если в требуемой исходящей линии нет сво-

бодного канала, одинакового с каналом входящей линии, для которого устанавливается соединение, то будет иметь место потеря сообщения. Поэтому данный коммутационный блок по своим свойствам не будет являться коммутатором из-за внутренних блокировок за счет отсутствия свободных синхронных каналов в требуемых линиях.

Коммутационный блок, изображенный на рис. 3.33, позволяет устранять внутренние блокировки и осуществлять коммутацию не только одинаковых, но и разных временны́х каналов. Для этой цели из каждой уплотненной линии посредством *ЭК* подачей временны́х последовательностей P_1, P_2, ..., P_c от импульсного гене-

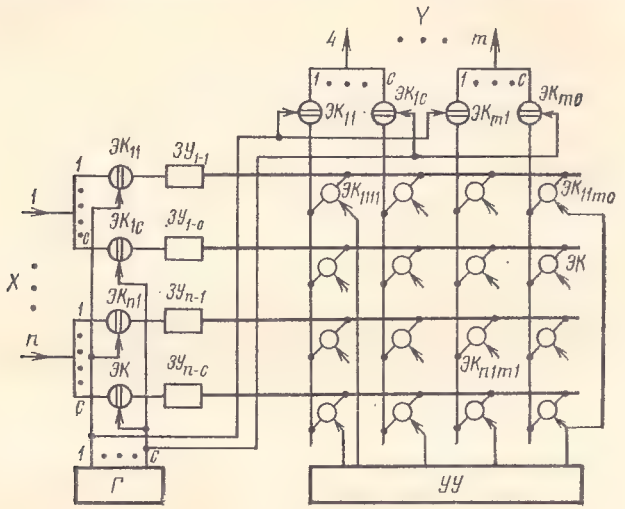


Рис. 3.33. Коммутационный полнодоступный блок с пространственно-временны́м разделением каналов

ратора выделяются соответствующие каналы. Каждый *ЭК* исходящих и входящих линий характеризуется двумя координатами: пространственной j или i и временно́й k; для входящих линий — $ЭК_{ik}$, для исходящих — $ЭК_{jk}$.

Для осуществления коммутации разных временны́х каналов входящих и исходящих линий устанавливаются *ЗУ* на входящие каналы и пространственный коммутационный блок на nc входов. Если требуется, например, соединить канал p_1 линии X_1 с каналом p_c линии Y_m, то управляющее устройство переведет в рабочее положение $ЭК_{mc}$, благодаря чему информация первого канала линии X_1, пройдя через $ЭК_{11}$, будет записана в *ЗУ*, а в момент, когда откроется $ЭК_{mc}$ линии Y_m, информация из *ЗУ* будет передана в канал p_c линии Y_m. Таким образом, в данной схеме осуществляется сдвиг информации из временной позиции p_1 в линии X_1 в позицию p_c линии Y_m. Для создания полнодоступного

коммутационного блока с пространственно-временной коммутацией потребовалось значительное увеличение объема оборудования. В гл. 10 будут более подробно рассмотрены коммутационные блоки и системы с пространственно-временным разделением каналов.

ГЛАВА 4

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

4.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Для управления процессом установления соединений на коммутационных узлах устанавливаются управляющие устройства (*УУ*). Основными функциями *УУ* являются:

прием сигналов от абонентских аппаратов или других источников нагрузки. К этим сигналам относятся сигнал вызова абонентом станции, сигналы набора номера (адресная информация), сигнал окончания передачи информации (сигнал отбоя);

распределение принятых сигналов по отдельным функциональным блокам (*ФБ*) управляющих устройств;

определение состояния коммутационных приборов и линий;

определение соединительного пути в *КС* между входом и требуемым выходом;

включение коммутационных приборов (коммутационных элементов), соответствующих выбранному соединительному пути;

посылка абонентам акустических сигналов о состоянии соединения на его отдельных этапах («Ответ станции», «Занято», «Контроль посылки вызова», «Сигнал посылки вызова»).

Кроме перечисленных основных операций, управляющие устройства в отдельных случаях могут выполнять и другие операции, предусмотренные на том или ином коммутационном узле, например, операции, связанные с приорететным обслуживанием некоторых групп абонентов, предоставлением дополнительных видов обслуживания, учетом количества и продолжительности переговоров, операции по учету поступающей нагрузки и потерь сообщения и ряд других, связанных с техническим обслуживанием коммутационного узла или станции. Последовательность операций, выполняемых в процессе установления различных видов соединения (внутренних, исходящих, входящих и др.), представляет собой *алгоритм* или программу работы управляющего устройства.

Управляющие устройства могут быть индивидуальными или общими. В первом случае каждый коммутационный прибор имеет индивидуальное управляющее устройство, осуществляющее управление этим прибором в процессе установления соединения. Такое управляющее устройство занимается на время установления соединения и на время передачи информации между абонентами.

Во втором случае управляющее устройство обслуживает группу коммутационных приборов (например, коммутационный блок) и управляет в определенной последовательности работой каждого коммутационного прибора в блоке. Такие *УУ* занимаются только на время установления соединения.

Количество коммутационных приборов, которое может обслужить одно *УУ*, зависит от времени работы *УУ* по установлению соединения и времени работы коммутационных приборов.

В коммутационных узлах и станциях могут использоваться разные способы управления, отличающиеся друг от друга в основном способом передачи сигналов управления от абонентского аппарата к коммутационным приборам для установления соединений. Различают непосредственное и косвенное (регистровое) управление приборами коммутационной системы узла.

4.2. НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Непосредственное управление применяется только на АТС (или других коммутационных узлах) с индивидуальными управляющими устройствами для каждого коммутационного прибора. В таких системах абонент посредством набора номера на номеронабирателе телефонного аппарата посылает импульсы в управляющее устройство соответствующего коммутационного прибора. Последний транслирует эти импульсы в приемное устройство коммутационного прибора, благодаря чему процесс коммутации осуществляется одновременно с набором номера.

Принцип непосредственного управления иллюстрируется рис. 4.1*а* для АТСДШ с одной ступенью группового искания. Каждый линейный искатель *(ЛИ)* имеет индивидуальное управляющее устройство *УУ*, содержащее некоторое количество реле. На рис. 4.1*а* показаны только те реле *УУ*, которые непосредственно участвуют в управлении искателем. Процесс установления соединения осуществляется следующим образом. При вызове абонентом станции в *УУ* срабатывает реле *И* и переключает свои контакты *и1* и *и2*. Контактом *и1* замыкается цепь срабатывания реле *О*, которое является замедленным на отпускание. Реле *О* контактом *о* подготавливает цепь электромагнита *ЭМ ЛИ*. Во время набора номера в соответствии с набираемой цифрой периодически отпускает реле *И* и своим контактом *и2* замыкает цепь электромагнита *ЭМ*. Последний, принимая соответствующее количество импульсов, будет перемещать щетки искателя по ламелям контактного поля *ЛИ* до тех пор, пока щетки *ЛИ* не встанут на ламель, номер которой соответствует набранной цифре. Управляющее устройство производит пробу этой линии, и, если она свободна, пробное реле *П* (которое на рис. 4.1*а* не показано) замыкает контакты *п1* и *п2* благодаря чему устанавливается соединение между телефонными аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов и из *УУ* посылаются вызывной сигнал в аппарат вызываемого абонента и сигнал контроля посылки вызова в аппарат вызывающего

абонента. После ответа вызываемого абонента посылка сигналов прекращается и устанавливается разговорный тракт между абонентскими аппаратами. После окончания разговора отбой воспринимается в *УУ* и создаются условия для возвращения щеток искателя в исходное состояние.

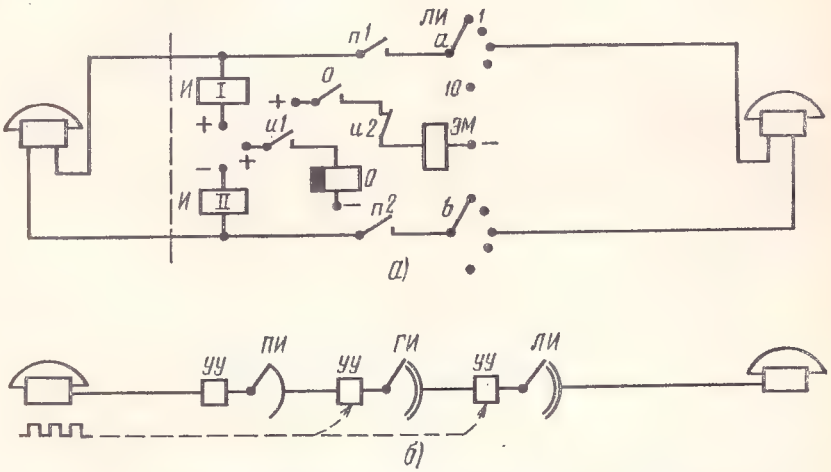


Рис. 4.1. Схема с непосредственным управлением коммутационными приборами:
а) АТС на 10 номеров; *б)* АТС на 1000 номеров

Если на АТС имеется несколько ступеней искания, как это показано на рис. 4.1*б*, то управление коммутационными приборами на соответствующих ступенях производится последовательно по мере набора номера в соответствии с набираемыми цифрами. В АТС с непосредственным управлением *УУ* сравнительно просты и требуют для своего построения в зависимости от того, на какой ступени искания прибор установлен, от трех до десяти реле.

4.3. КОСВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

При косвенном управлении информация о номере вызываемого абонента воспринимается не управляющим устройством, а поступает в специальный прибор, называемый *регистром,* в котором фиксируется абонентский номер. Такие системы получили название систем с *косвенным* или *регистровым* управлением.

Регистровое управление может использоваться как в системах с индивидуальными, так и общими управляющими устройствами.

На рис. 4.2*а* представлена структурная схема АТС, имеющая индивидуальные *УУ,* а на рис. 4.2*б* — АТС с общими управляющими устройствами. Процесс установления соединения в таких системах протекает следующим образом. Абонентская линия через ступень предварительного и регистрового искания подключается

к свободному регистру, откуда абонент получает сигнал «Ответ станции». Абонент посредством набора номера передает адресную информацию в регистр, где она фиксируется. Далее часть этой информации, необходимая для выбора направления на ступени *ГИ*, передается быстродействующим способом в *УУ* первой ступени. Последнее, приняв информацию, устанавливает соединение входа ступени искания с выходом в соответствии с принятой информацией.

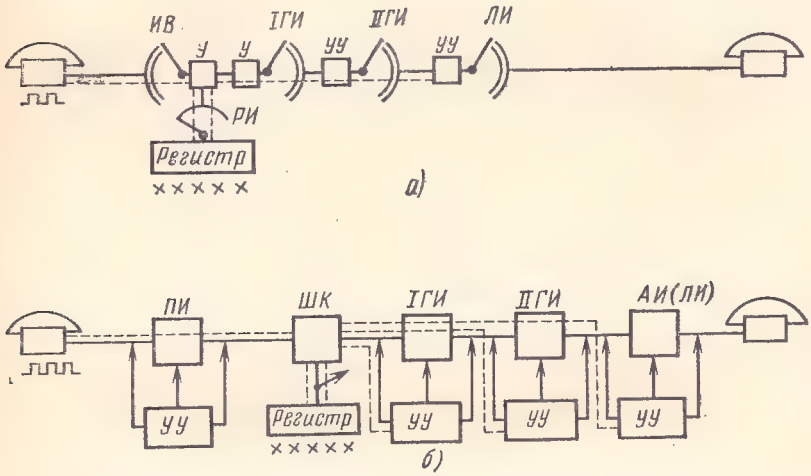


Рис. 4.2. Схема АТС с косвенным регистровым управлением:
а) для АТС с индивидуальными *УУ*; *б)* для АТС с общими *УУ*

Далее регистр посылает таким же образом необходимую адресную информацию в *УУ* следующей ступени искания *(IIГИ)*, где она используется для установления соединения, например к ступени *ЛИ (АИ)*. Далее регистр посылает адресную информацию в *УУ* ступени *ЛИ* (или *АИ)*, которое по принятой информации обеспечивает установление соединения с вызываемой абонентской линией. Регистр выдает в *УУ* каждой ступени искания число знаков, необходимое для установления соединения на соответствующей ступени искания. После установления соединения с линией вызываемого абонента регистр освобождается и может обслуживать новые соединения. Число регистров рассчитывается в соответствии с нагрузкой, поступающей на них, и принятой нормой потерь сообщения. Следовательно, при регистровом управлении процесс приема информации о номере вызываемого абонента и процесс установления соединений на ступенях искания разделены во времени. Благодаря этому время занятия приборов (кроме ступени *ГИ*) не зависит от времени набора номера вызывающим абонентом, как это имеет место при непосредственном управлении.

Регистровое управление по сравнению с непосредственным управлением обеспечивает более широкие возможности при построении сетей связи; позволяет устанавливать соединения между абонентскими линиями сети через различное число ступеней искания при сохранении единой нумерации для абонентских линий. Так, внутристанционные соединения могут устанавливаться через одно число ступеней искания, соединения между абонентскими линиями, включенными в разные станции одного и того же узлового района, — через другое, а соединения между абонентскими линиями, включенными в станции разных узловых районов, — через третье число ступеней искания. При этом число цифр в абонентском номере остается постоянным. Следовательно, при регистровом управлении нет жесткой связи между значностью нумерации абонентских линий и числом ступеней искания, как это имеет место в АТС с непосредственным управлением. Эти возможности, заложенные в регистровых системах, позволяют более экономично строить телефонные сети при сохранении требуемых показателей качества обслуживания соединений.

4.4. СПОСОБЫ УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ

В автоматических системах коммутации используются два способа установления соединений — прямой и обходный. Прямой способ характеризуется тем, что установление соединения через коммутационную ступень происходит одновременно с выбором соединительного пути, так как коммутационный прибор на ступени искания, обеспечивающий соединение входа с требуемым выходом, одновременно выполняет и функции выбора этого выхода. Такой способ установления соединения используется в большинстве систем АТС с электромеханическими искателями, где применяются индивидуальные *УУ*. Недостатком прямого способа установления соединений является непроизводительное занятие приборов в случае невозможности установления соединения из-за занятости вызываемой абонентской линии на ступени *ЛИ* или отсутствия свободных линий в направлении на ступени *ГИ*. Это приводит к дополнительному износу приборов, увеличению длительности занятия приборов и увеличению расхода электроэнергии.

Обходный способ характеризуется тем, что установление соединения через коммутационную систему (или ступень) отделено по времени от процесса выбора соединительного пути. Коммутационный прибор, участвующий в образовании этого пути, выполняет лишь функции установления соединения между входом и выходом ступени искания, а соединительный путь на ступени искания выбирает управляющее устройство без участия коммутационных приборов. Такой способ управления исключает непроизводительное занятие коммутационных приборов, если на данной ступени искания нет возможности установления соединения из-за занятости линии вызываемого абонента (на ступени *ЛИ*) или занятости всех линий в направлении (на ступени *ГИ*). Обходный спо-

соб установления соединений широко используется в координатных, квазиэлектронных и электронных системах АТС, где применяются общие *УУ*.

4.5. СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Структура управляющих устройств зависит от структуры коммутационной системы *КС*, которой управляет *УУ*, от алгоритма управления, от быстродействия приборов, на которых построены как *УУ*, так и *КС*, а также от требований, предъявляемых к качеству обслуживания соединений.

Как уже было сказано ранее, *УУ* могут быть индивидуальными для каждого коммутационного прибора или общими на группу приборов. Общие *УУ* могут иметь разную степень централизации и обслуживать коммутационный блок, коммутационную ступень или всю коммутационную систему узла.

Индивидуальные *УУ* применяются в АТС с прямым способом установления соединений. Сложность индивидуального *УУ* определяется назначением ступени искания, а следовательно, и функциями, выполняемыми коммутационными приборами в процессе установления соединений. Так, в АТСДШ имеется несколько разновидностей ступеней искания, на каждой из которых устанавливаются соответствующие типы индивидуальных *УУ*. Наиболее простым является *УУ* для коммутационных приборов, установленных на ступени предварительного искания, более сложными — для ступеней группового и линейного искания. Достаточно сказать, что в управляющем устройстве *ПИ* имеется два реле, *ИГИ* — 9 реле, а в *ЛИ* — 11 реле. Все эти устройства сравнительно просты и предназначены для приема и передачи адресной информации, управления искателями в процессе установления соединения и возвращения их в исходное состояние, посылки акустических и вызывных сигналов (где это необходимо).

Общие *УУ* на ступенях искания применяются в системах с обходным принципом установления соединения и косвенным (регистровым) управлением и предназначены для обслуживания группы коммутационных приборов. Общие *УУ* предназначены для приема из регистра и запоминания части адресной информации, обработки этой информации, поиска свободного соединительного пути в требуемом направлении, обеспечения управления коммутационным прибором в процессе установления соединения между входом и выходом ступени. В координатных АТС общие *УУ* на ступенях искания получили название *маркеров*.

4.6. РЕГИСТРЫ

В зависимости от системы АТС регистры могут использоваться для приема всего номера вызываемого абонента либо только его части. В последнем случае регистры устанавливаются на каждой ступени искания и принимают число цифр абонентского номера,

достаточное для установления соединения на данной ступени искания. В этом случае установление соединения через ступень искания должно осуществляться в межсерийное время, поскольку следующие цифры абонентского номера должны поступать в регистр следующей ступени искания. В этих системах регистры принимают адресную информацию и передают ее в *УУ*. Управляющее устройство на основании полученной информации осуществляет поиск соединительного пути между входом ступени искания и выходом и управляет процессом установления соединения через коммутационные приборы данной ступени искания.

В системах с общими регистрами (рис. 4.3) адресная информация принимается и фиксируется полностью и затем по мере установления соединения выдается в *УУ* на соответствующие сту-

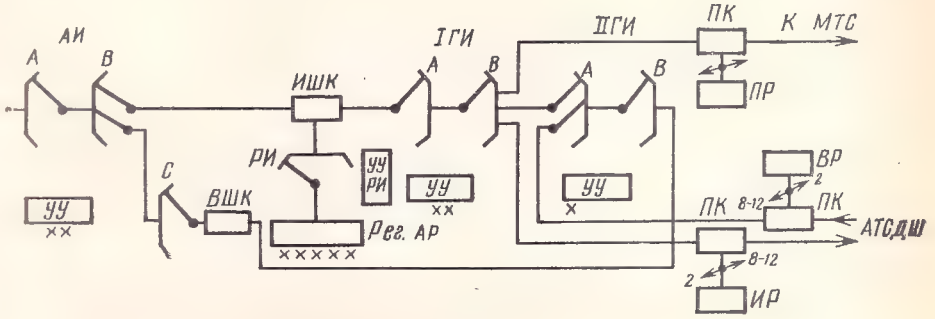


Рис. 4.3. Схема включения регистров

пени искания. После выдачи последних цифр номера в *УУ* ступени абонентского искания регистр освобождается.

Основные функции, выполняемые регистрами, заключаются в приеме и запоминании адресной информации, а также передаче ее в процессе установления соединения в *УУ* различных ступеней искания в объеме, необходимом для выбора требуемого направления на ступенях *ГИ* и линии вызываемого абонента на ступени абонентского искания. Одновременно регистры обеспечивают кодирование информации, что позволяет использовать способ передачи, удобный для взаимодействия с *УУ* ступеней искания. Одним из требований к способу передачи информации между регистрами и *УУ* является быстродействие, поскольку оно может сократить время занятия как самого регистра, так и *УУ* на ступенях искания.

В зависимости от назначения сетей связи и особенностей их построения (нерайонированные, районированные, с узлами и без узлов) в процессе межстанционных соединений могут участвовать два и более регистра, которые несколько различаются по своим функциям, а следовательно, и по структуре. На телефонных сетях применяются абонентские, исходящие, входящие, промежуточ-

ные и кодовые регистры. Включение различных типов регистров представлено на рис. 4.3.

Абонентские регистры *АР* устанавливаются на исходящем коммутационном узле (станции) и предназначены для приема информации о номере вызываемого абонента, передаваемом вызывающим абонентом путем набора номера на номеронаборателе своего телефонного аппарата. Информация передается импульсами в соответствии с десятичной системой счисления, принятой для нумерации абонентских линий. Абонентские регистры взаимодействуют с управляющими устройствами ступеней искания в процессе установления соединений. Рассмотрим порядок установления внутристанционного соединения на АТС, структурная схема которой представлена на рис. 4.3. При вызове абонентом станции *УУ* ступени *АИ* подключает линию вызывающего абонента к свободному исходящему шнуровому комплекту *ИШК*, который имеет доступ к свободному регистру. Далее *УУ* ступени *РИ* подключает свободный абонентский регистр к *ИШК* и тем самым к линии вызывающего абонента. Из абонентского регистра посылается сигнал «Ответ станции», после чего абонент приступает к набору номера, который полностью фиксируется в *АР*. Крестиками на схеме обозначено число цифр номера, принимаемых регистром.

В рассматриваемой схеме направление на ступени *ІГИ* определяется по первым двум знакам абонентского номера, поэтому регистр после приема всех знаков номера выдает последовательно информацию о первых двух знаках номера в *УУ* того блока ступени *ІГИ*, ко входу которого подключена через *ИШК* линия вызывающего абонента. Управляющее устройство *ІГИ* по этой информации определяет направление и свободную линию в этом направлении к следующей ступени искания и осуществляет включение коммутационных приборов, через которые устанавливается требуемое соединение. Далее регистр выдает следующий знак номера в *УУ* блока ступени *ІІГИ*. Направление на ступени *ІІГИ* определяется по одной цифре. Управляющее устройство ступени *ІІГИ* в соответствии с принятой информацией определяет направление к сотенному блоку абонентского искания и в этом направлении свободную линию, после чего выдает сигналы на включение коммутационных приборов, которые устанавливают требуемые соединения. Последние две цифры номера выдаются регистром в *УУ* блока *АИ*, которое по этой информации выбирает линию вызываемого абонента. Управляющее устройство ступени *АИ* производит пробу линии на занятость и, если она свободна, осуществляет подключение этой линии через коммутационные приборы блока *АИ*, после чего регистр и *УУ* освобождаются.

Посылка вызывного сигнала в линию вызываемого абонента и сигнала контроля посылки вызова вызывающему абоненту производится из входящего шнурового комплекта *ВШК*. После ответа вызываемого абонента посылка сигналов прекращается и устанавливается разговорный тракт между абонентскими аппаратами.

Питание микрофонов телефонных аппаратов абонентов, удержание соединения, прием сигнала отбоя от абонентов после окончания разговора и разъединение ранее установленного соединения осуществляются комплектами *ИШК* и *ВШК*. Если линия вызываемого абонента включена в другую АТС координатной системы, то абонентский регистр выдает информацию в *УУ* ступеней искания этой станции и на последней аналогично описанному процессу устанавливается требуемое соединение. Абонентские регистры в случае необходимости могут передавать информацию в исходящие и входящие регистры других станций.

Исходящие регистры *ИР* включаются на выходах исходящей станции или транзитного узла и предназначены для приема информации из абонентского регистра и взаимодействия по межстанционным соединительным линиям с *УУ* ступеней искания неоднотипных коммутационных станций или узлов. Исходящие регистры используются, например, для организации связи от координатных АТС к АТС декадно-шаговой системы (см. рис. 4.3). Исходящие регистры подключаются к соединительным линиям через подключающие комплекты *ПК*. После того как *УУ* ступени *ГИ* выберет направление к АТСДШ и найдет свободную соединительную линию и связанный с ней свободный *ИР*, информация об остальных цифрах номера из *АР* передается в исходящий регистр.

Входящие регистры *ВР* используются при организации входящей связи от станций и узлов других систем, например при связи от АТСДШ к АТС координатной системы, как это показано на рис. 4.3. Входящие регистры могут передавать информацию также в исходящие регистры при транзитной связи. Входящие регистры устанавливаются на подстанциях для организации входящей связи от АТС неоднотипной системы, например на координатной подстанции, включенной в АТСДШ.

Промежуточные регистры *ПР* используются при установлении соединений от АТС к междугородной станции.

Кодовые регистры *КР* могут устанавливаться на транзитных коммутационных узлах и предназначены для приема от *АР, ВР* или *ИР* части номерной информации (кода коммутационного узла), достаточной для выбора требуемого направления, а также для взаимодействия с *УУ* только того транзитного узла, на котором эти регистры установлены.

Среднее время занятия регистров в несколько раз меньше времени занятия коммутационных приборов соединительного тракта (разговорного тракта), так как регистры занимаются только на время приема и запоминания адресной информации и на время установления соединения. Приборы соединительного тракта, кроме того, заняты во время посылки вызова в аппарат вызываемого абонента, если его линия свободна, разговора между абонентами и разъединения установленного соединения. Поэтому регистров требуется меньше, чем соединительных трактов.

Регистры подключаются к соединительным линиям следующими способами: с помощью ступени регистрового искания *РИ*

(рис. 4.3); посредством жесткого закрепления регистров за соединительными линиями, например в АТСК за 8—12 линиями закрепляются два регистра (рис. 4.3); с помощью основной коммутационной системы (рис. 4.4).

Если подключение регистра осуществляется в межсерийное время, то величина последнего накладывает ограничение на время подключения регистра.

Каждый регистр независимо от типа содержит следующие основные блоки (рис. 4.5): устройство приема информации *УПИ*, счетное устройство *СУ*, запоминающие устройства *ЗУ*, число которых определяется числом знаков принимаемого номера, подключающее устройство *П*, устройство выдачи информации *УВИ*.

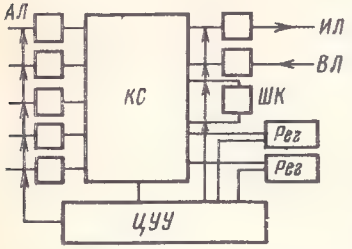


Рис. 4.4. Схема подключения регистров через *КС*

Информация, поступающая от абонентов или из других регистров в виде последовательности импульсов, воспринимается *УПИ* и передается в *СУ*. В зависимости от принятой цифры счетное устройство устанавливается в соответствующее состояние и через подключающее устройство *П* передает информацию о принятой цифре в *ЗУ1*. После приема первой цифры *СУ* возвращается в исходное состояние, а подключающее устройство *П* подключит *ЗУ2*.

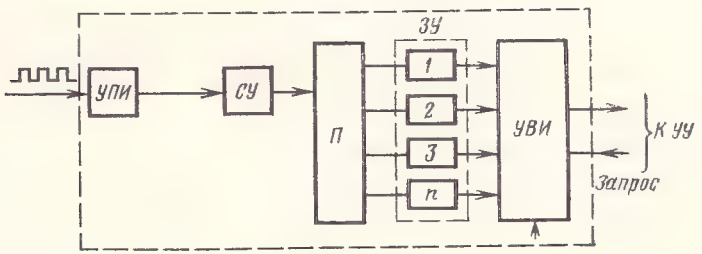


Рис. 4.5. Функциональная схема регистра

Вторая серия импульсов через *УПИ* поступает в *СУ*, которое принимает эту информацию и через *П* передает ее в *ЗУ2*. Следующая серия импульсов поступает в *ЗУ3* и т. д. Запоминающие устройства связаны с устройством выдачи информации *УВИ*. Последнее, получая команды запроса из *УУ*, последовательно выдает информацию в *УУ* о требуемых цифрах абонентского номера.

В процессе установления соединений регистры и *УУ* обмениваются управляющей информацией, необходимой для их взаимодействия и установления соединений на соответствующих ступенях искания. Регистр выдает в *УУ* адресную информацию, причем эта информация может выдаваться полностью или по частям по

сигналам запроса из *УУ*. *УУ*, в свою очередь, посылает в регистр управляющие сигналы запроса о передаче следующей цифры, о повторении предыдущей цифры, об изменении способа передачи информации, о необходимости повторения всей переданной информации и т. п.

Информация между регистром и *УУ* может передаваться разными способами: по проводам соединительного тракта (по разговорным проводам) (рис. 4.6*а*), многопроводным способом, при ко-

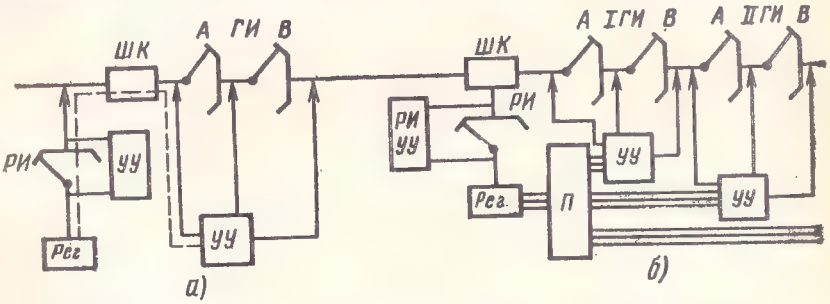


Рис. 4.6. Способы передачи информации из регистра в *УУ*:
а) по проводам разговорного тракта; *б)* многопроводным способом

тором между регистром и *УУ* существуют непосредственные связи (рис. 4.6*б*). Последний способ может быть использован только при внутристанционных связях между регистром и *УУ*.

С целью уменьшения времени занятия регистра и *УУ* информация между регистром и *УУ* передается в кодированном виде. При этом могут использоваться коды, отличающиеся между собой как различными признаками сигналов, на основе которых построены коды, так и быстродействием.

4.7. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В коммутационных узлах с общими управляющими устройствами, как правило, этап приема адресной информации отделен от этапа установления соединения через всю коммутационную систему узла или ее отдельную часть — ступень искания. Как уже указывалось ранее, эти два этапа выполняются разными приборами — регистрами и управляющими устройствами.

Управляющее устройство предназначено для управления установлением соединения на отдельной ступени искания, в отдельном коммутационном блоке этой ступени или во всей коммутационной системе узла, если последняя не имеет деления на ступени искания. Длительность процесса установления соединения значительно меньше общей длительности занятия приборов соединительного тракта. Так, для электромеханических АТС это время составляет от 0,1 до 1,0 с, тогда как приборы разговорного тракта могут за-

ниматься несколько минут и более. В системах, использующих электронные управляющие устройства, время их занятия еще меньше. Благодаря этому *УУ* могут обслуживать значительное количество коммутационных приборов, установленных в коммутационных блоках ступеней искания, подключаясь к ним только на время установления соединения.

Основными функциями *УУ* являются: прием из регистра адресной информации, необходимой для установления соединения на данной ступени искания; поиск соединительного пути между входом ступени и выходом в требуемом направлении и управление процессом образования этого пути через коммутационные приборы ступени искания.

Состав функциональных блоков *УУ* определяется его функциями, которые зависят от режима искания свободного соединительного пути. Для уяснения основных функций *УУ* рассмотрим ступень группового искания (рис. 4.7), которая имеет *N* входов и *M*

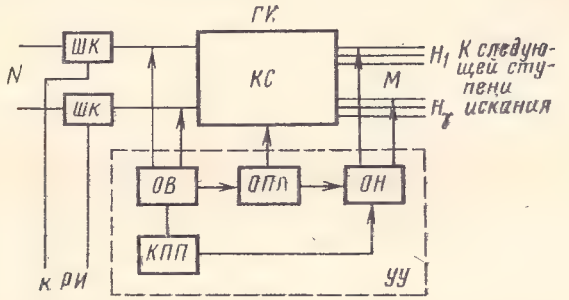


Рис. 4.7. Функциональная схема *УУ* ступени *ГИ*

выходов, поделенных на *H* направлений. Управляющее устройство содержит следующие основные блоки: определитель входов *ОВ*, определитель направлений *ОН*, определитель промежуточных линий и выходов *ОПЛ* (иногда его называют пробным устройством), кодовый приемопередатчик *КПП*.

На ступени группового искания при двухзвенном построении коммутационной ступени поиск свободного соединительного пути заключается в обусловленном искании свободной промежуточной линии, доступной входу, для которого устанавливается соединение, и свободной линии в требуемом направлении. При поступлении сигнала занятия из регистра в *УУ* определитель входов *ОВ* определяет вход, по которому поступил вызов, и подключает к нему кодовый приемопередатчик *КПП*, откуда посылается в регистр сигнал запроса о выдаче требуемой цифры номера. Если направление на ступени *ГИ* определяется по двум или трем цифрам абонентского номера, то *УУ* после приема первой цифры будет запрашивать информацию о второй, а затем о третьей цифре номера. Информация о цифрах номера поступает из регистра в кодиро-

ванном виде и принимается в *КПП*. Последний передает эту информацию в определитель направлений *ОН*, который выбирает требуемое направление. Далее определитель *ОПЛ* выбирает свободную промежуточную линию, доступную входу, по которому поступил вызов, и свободному выходу в требуемом направлении. Затем *УУ* выдает сигналы на включение коммутационных приборов, через которые устанавливается соединение. Одновременно *УУ* может устанавливать только одно соединение.

По способу связи между функциональными блоками *ФБ* управляющие устройства могут быть с жесткими функциональными связями между блоками, определяющими алгоритм (порядок) работы блоков в процессе установления соединения (рис. 4.8*а*), и про-

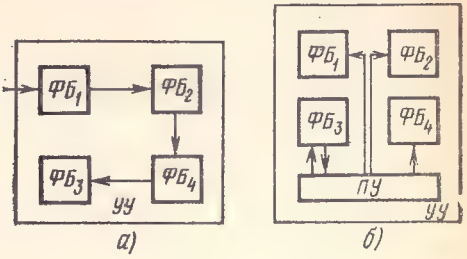


Рис. 4.8. Способы связи между *ФБ* управляющих устройств: *а)* с жесткими функциональными связями; *б)* связи через *ПУ*

граммными, в которых очередность работы функциональных блоков задается специальным программным устройством *ПУ* (рис. 4.8*б*). Для изменения алгоритма работы управляющего устройства следует в первом случае произвести изменение связей между блоками путем перемонтажа, во втором случае необходимо изменить только порядок выдачи команд из программного устройства. Изменение порядка выдачи команд осуществляется путем изменения программы в *ПУ*. Это позволяет более гибко строить управляющее устройство и при необходимости изменять алгоритм работы. Кроме того, путем добавления функциональных блоков и соответствующих команд можно обеспечить выполнение дополнительных функций без перемонтажа в *УУ*.

Благодаря высокому быстродействию и малому времени установления соединений *УУ* могут устанавливаться на каждый коммутационный блок (*КБ*) ступени искания (рис. 4.9*а*), на коммутационную ступень или несколько блоков этой ступени (рис. 4.9*б*). В последнем случае для подключения *УУ* к соответствующему блоку требуется подключающее устройство *П*. Поскольку одновременно *УУ* может устанавливать только одно соединение, то при использовании *УУ*, общего для нескольких коммутационных блоков, его быстродействие должно быть выше, чем у *УУ*, обслуживающего только один блок. Если одно *УУ* обслуживает несколько коммутационных блоков (рис. 4.9*в*), то число подключающих устройств в этом случае равно $k \times n$, где k — число коммутационных блоков, а n — число управляющих устройств.

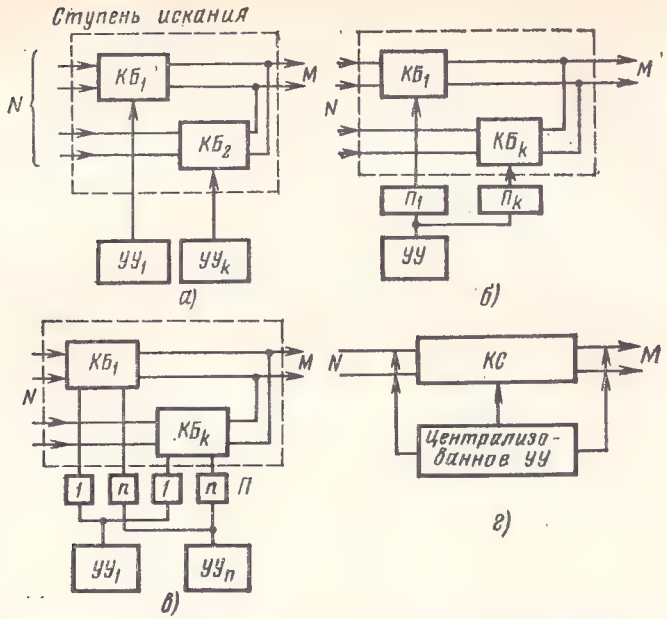


Рис. 4.9. Способы подключения *УУ* к коммутационным блокам:
а) *УУ* на каждый блок; *б)* одно *УУ* на k блоков; *в)* *п—УУ* на k блоков; *г)* централизованное *УУ*

В некоторых системах *УУ* подразделяются на группы в зависимости от выполняемых ими функций при установлении различных видов соединений. Такие *УУ* получили название *функциональных УУ* (или функциональных маркеров).

В АТС, где коммутационная система не разделена на ступени искания, *УУ* устанавливает соединение в пределах всей коммутационной системы станции и носит название *централизованного УУ* (рис. 4.9*г*). Такие *УУ* выполняются на электронных приборах, обладающих высоким быстродействием.

В системах с программным управлением различают управляющие устройства с замонтированной и записанной программами.

В управляющих устройствах с *замонтированной* программой (рис. 4.10*а*) последовательность работы функциональных блоков определяется схемной (замонтированной) логикой в программном устройстве. Изменение последовательности работы функциональных блоков обеспечивается путем перекроссировок (перемонтажа) внутри программного устройства.

Управляющими устройствами с *записанной программой* (рис. 4.10*б*) называют такие, в которых последовательность работы функциональных блоков определяется алгоритмом (программой), записанной в программном устройстве. Изменение алгоритма осуществляется путем перезаписи программы в программном устройстве.

Программные управляющие устройства состоят из центрального управляющего устройства *ЦУУ* и периферийных управляющих устройств *ПУУ* (рис. 4.10). Периферийные управляющие устройства работают под управлением *ЦУУ*, в некоторых случаях часть своих функций они могут выполнять самостоятельно. Выдача ин-

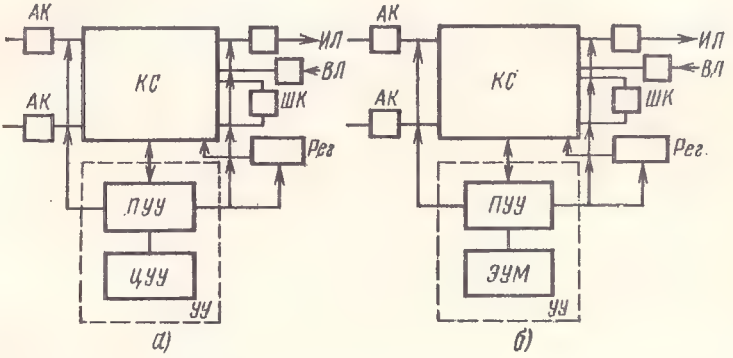


Рис. 4.10. Функциональная схема АТС с программным управлением:
а) с замонтированной программой; *б)* с записанной программой

формации в *ЦУУ* о результатах работы того или иного *ППУ* осуществляется по команде из *ЦУУ*. Периферийные управляющие устройства предназначены для определения состояния линии вызывающих абонентов, исходящих, входящих и промежуточных линий, передачи сигналов управления. Периферийные управляющие устройства передают в *ЦУУ* всю необходимую информацию для установления соединения, на основании которой *ЦУУ* выбирает соединительный путь и выдает команды в *ПУУ* для включения коммутационных приборов, образующих соединительный путь между входом и выходом *КС*.

В АТС, имеющих *УУ* с записанной программой, роль *ЦУУ* выполняют электронные управляющие машины ЭУМ, использующие элементную базу и принципы построения ЭВМ. Электронная управляющая машина выполняет программы установления различных видов соединения и в соответствии с ними взаимодействует с *ПУУ*, а последние — с коммутационной системой и линейными и станционными комплектами. Использование ЭУМ в качестве *ЦУУ* позволяет отражать состояние коммутационной системы (входов и выходов, промежуточных линий или точек коммутации) в оперативном запоминающем устройстве *ОЗУ* и осуществлять поиск соединительного пути между входом и выходом *КС* методами машинной реализации по информации, хранящейся в *ОЗУ*. Это сокращает объем оборудования коммутационной системы за счет уменьшения проводности *КС*, в которой остаются только провода разговорного тракта.

Программный способ построения управляющих устройств, особенно при использовании ЭУМ, обладает большой гибкостью при эксплуатации и расширении АТС, так как позволяет быстро изменять программы; добавлять команды или их исключать; вводить программы контроля за прохождением соединений, а также иметь диагностические программы, позволяющие быстро выявлять места повреждений; переключать на резервные блоки в случае выхода из строя основных блоков; прерывать процесс установления соединения для осуществления более важных операций, например устранять повреждения путем переключения неисправного блока на резервный, и ряд других преимуществ, которые будут более подробно изложены в последующих главах учебника.

4.8. СИГНАЛЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЛИНЕЙНЫЕ СИГНАЛЫ

В процессе установления и разъединения соединения происходит обмен информацией между отдельными устройствами, посредством которых устанавливается соединительный тракт между аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов. Обмен информацией осуществляется электрическими сигналами, которые принято разделять на сигналы управления и линейные сигналы.

Для уяснения назначения отдельных видов сигналов рассмотрим алгоритм установления соединения между абонентскими аппаратами телефонной сети. На местных (городских и сельских) телефонных сетях принят единый алгоритм обслуживания поступающего потока вызовов, т. е. одинаковый порядок установления и разъединения соединений между аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов.

При вызове абонентом станции сигнал вызова на станцию подается замыканием шлейфа абонентской линии посредством контактов рычажного переключателя *РП* телефонного аппарата после снятия абонентом микротелефонной трубки (рис. 4.11*а*). Готовность станции к приему адресной информации сигнализируется акустическим сигналом «Ответ станции», который посылается в телефонный аппарат вызываемого абонента (рис. 4.11*б*). После получения этого сигнала абонент приступает к набору номера с дискового или кнопочного номеронабирателя телефонного аппарата. При наборе номера импульсный контакт *ИК* номеронабирателя периодически размыкает шлейф абонентской линии, благодаря чему на АТС периодически размыкается цепь импульсного реле *И*. Последнее посредством своего контакта *и* передает информацию в приборы АТС (рис. 4.11*в*). В соответствии с адресной информацией на АТС устанавливаются требуемые соединения, в результате которых образуется соединительный тракт между аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов. Процесс установления соединения, как было ранее рассмотрено, может осуществляться по мере приема адресной информации или он может начаться только после приема всей информации. Это зависит от типов АТС, применяемых на телефонных сетях.

После установления соединения с линией вызываемого абонента происходит проверка ее состояния, поскольку эта линия может быть свободна или занята другим соединением. Если линия вызываемого абонента занята, то в ТА вызывающего абонента из приборов АТС посылается акустический сигнал «Занято», получив

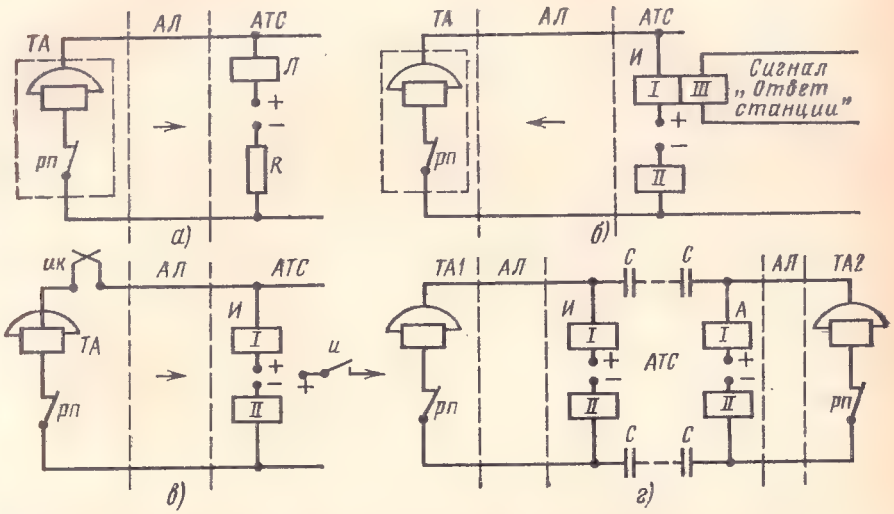


Рис. 4.11. Схема обмена сигналами между ТА и АТС:
а) посылка вызова на АТС; *б)* посылка сигнала «Ответ станции»; *в)* прием информации о номере вызываемого абонента; *г)* разговорное состояние

который вызывающий абонент кладет микротелефон на рычаг аппарата, что является сигналом отбоя для АТС. Если линия свободна, то устанавливается соединительный тракт между телефонными аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов, после чего в линии абонентов посылаются акустические сигналы: в аппарат вызываемого абонента сигнал «Посылка вызова», а в аппарат вызывающего абонента сигнал «Контроль посылки вызова». Такое состояние соединительного тракта называется предответным состоянием.

Сигналом ответа абонента является замыкание шлейфа абонентской линии при снятии абонентом микротелефонной трубки с рычажного переключателя. После ответа абонента прекращаются сигналы «Посылка вызова» и «Контроль посылки вызова» и соединительный тракт переходит в разговорное состояние (рис. 4.11*г*).

После окончания разговора абоненты кладут микротелефонные трубки на рычажные переключатели своих аппаратов, обеспечивая размыкание шлейфа абонентских линий. Это служит сигналом отбоя для приборов АТС. Сигналы отбоя могут поступать неодновременно от вызывающего и вызываемого абонентов. При

этом в ТА того абонента, от которого не поступил отбойный сигнал, со стороны АТС посылается сигнал «Занято» до тех пор, пока абонент не даст отбой.

Процесс разъединения установленного соединения и возвращения коммутационных приборов в исходное состояние зависит от системы отбоя, принятой на телефонной сети. При этом следует различать систему отбоя для абонентских линий и систему отбоя для коммутационных приборов. Система отбоя для абонентских линий в зависимости от системы АТС может быть односторонней и двусторонней. При *одностороннем отбое* абонентская линия освобождается после того, как один из абонентов положит микротелефонную трубку на рычажный переключатель ТА. При *двустороннем отбое* абонентские линии освобождаются только после того, как оба абонента положат микротелефонные трубки на рычажные переключатели своих ТА.

Система отбоя для коммутационных приборов, участвующих в образовании соединительного тракта, зависит от системы АТС и может быть как односторонней, так и двусторонней, т. е. приборы могут освобождаться после одностороннего или двустороннего отбоя со стороны абонентов.

На телефонных сетях применяются следующие системы отбоя.

1. Двусторонний отбой, при котором освобождение приборов соединительного тракта осуществляется только после поступления на АТС сигнала отбоя со стороны обоих абонентов. Освобождение каждой абонентской линии при этом зависит от типа АТС и может осуществляться или после отбоя со стороны этой линии, или одновременно с освобождением коммутационных приборов соединительного тракта. Так, в АТС-54 линия вызываемого абонента освобождается после отбоя со стороны этого абонента, а линия вызывающего абонента освобождается одновременно с освобождением приборов соединительного тракта и возвращением их в исходное состояние.

2. Односторонний отбой, при котором осуществляются разъединение соединительного тракта и возвращение коммутационных приборов в исходное состояние после поступления на АТС сигнала отбоя со стороны любого из абонентов, участвующего в соединении. Абоненту, не пославшему сигнал отбоя, посылается сигнал «Занято» из его абонентского комплекта.

3. Односторонний отбой со стороны вызывающего абонента, при котором освобождение приборов соединительного тракта осуществляется по сигналу отбоя только со стороны вызывающего абонента. При отбое со стороны только вызываемого абонента система отбоя для коммутационных приборов является односторонней.

4. Односторонний отбой со стороны вызываемого абонента осуществляется аналогично предыдущему случаю с той лишь разницей, что освобождение коммутационных приборов осуществляется после отбоя со стороны вызываемого абонента.

Процесс установления соединения между абонентами телефонной сети сопровождается передачей различных сигналов в соответствии с этапами этого процесса.

В процессе установления и разъединения соединения между абонентскими аппаратами абоненты посылают на АТС управляющую информацию различного назначения в виде сигналов вызова станции, набора номера вызываемого абонента, ответа вызываемого абонента, отбоя вызывающего и вызываемого абонентов. В свою очередь, со стороны АТС в аппараты абонентов поступает информация об отдельных этапах установления соединения и о результатах выполнения этих этапов. Вся эта информация поступает в виде электрических сигналов, обладающих теми или иными электрическими характеристиками.

Из сказанного следует, что процессы установления и разъединения соединений протекают под воздействием ряда электрических сигналов, которые принято называть акустическими сигналами, сигналами управления и линейными сигналами. *Акустическими сигналами* являются сигналы, посылаемые из приборов АТС в аппарат абонента для информации его об этапах установления соединения. Такими сигналами являются: «Ответ станции», «Посылка вызова», «Контроль посылки вызова» и «Занято».

Для посылки вызова используется переменный ток частотой 25±5 Гц, который воздействует на звонок телефонного аппарата, извещая вызываемого абонента о поступившем вызове. Первая посылка этого сигнала имеет продолжительность 0,3 с и посылается сразу после образования соединительного тракта. После первой посылки вызова следуют периодические посылки, имеющие продолжительность 1 с с интервалами 4 с. Первая посылка вызывного сигнала предусматривается для возможного уменьшения промежутка времени между моментами окончания установления соединения и ответом вызываемого абонента.

Для образования остальных акустических сигналов используется переменный ток тональной частоты 425±25 Гц. Сигналы отличаются между собой длительностью посылок и интервалов между ними. В качестве сигнала «Ответ станции» используется непрерывная посылка. Сигнал «Контроль посылки вызова» имеет длительности посылок и интервалов такие же, как и для вызывного сигнала: 1 с — посылка и 4 с — интервал. Сигнал «Занято» имеет продолжительность посылок и интервалов 1/3 с. Акустические сигналы на АТС вырабатываются сигнально-вызывным устройством *СВУ*, которое состоит из генератора вызывного (напряжение 100±10 В) и тонального токов и устройства выдержки времени для образования соответствующих посылок и интервалов между ними.

Сигналами управления называют электрические сигналы, под воздействием которых устанавливается соединительный тракт между линиями вызывающего и вызываемого абонентов.

Сигналами управления являются сигналы набора номера вызываемого абонента (адресная информация) и сигналы, обеспечи-

вающие обмен информацией между управляющими устройствами при установлении соединительного тракта, а также между управляющими устройствами и регистрами или комплектами.

Линейными сигналами принято считать электрические сигналы, характеризующие состояние соединительного тракта и его отдельных элементов в процессе установления и разъединения соединения. К линейным сигналам относятся: сигнал контроля исходного состояния и исправности соединительной линии или входа коммутационной системы; сигнал вызова абонентом станции; сигнал занятия входа коммутационной системы; сигнал ответа вызываемого абонента; сигналы отбоя со стороны вызываемого и вызывающего абонентов; сигнал разъединения, обеспечивающий освобождение устройств соединительного тракта.

На районированных телефонных сетях при вызове абонента другой АТС предусматриваются сигналы занятости вызываемой абонентской линии и отдельных участков соединительного тракта, передаваемые на АТС, в которую включена линия вызывающего абонента. На рис. 4.12 показан состав сигналов управления, передаваемых на сетях, оборудованных АТСДШ.

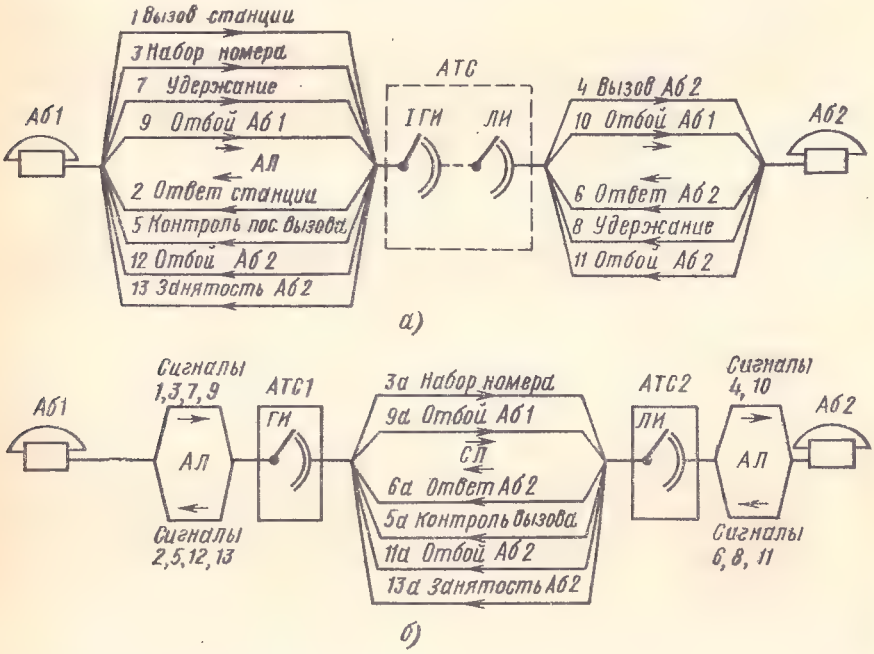


Рис. 4.12. Сигналы городской АТСДШ:
а) сеть нерайонированная; *б)* сеть районированная

Для передачи сигналов управления и линейных сигналов на телефонных сетях используется несколько способов: батарейный, частотный, индуктивный и ряд других. Прием и передача линей-

ных сигналов обеспечиваются шнуровыми комплектами и комплектами соединительных линий.

Шнуровые комплекты ШК предназначены для осуществления питания микрофонов аппаратов вызывающего и вызываемого абонентов, приема и передачи линейных сигналов, передачи акустических сигналов в аппараты вызывающего и вызываемого абонентов, сигнализации при длительном непроизводительном занятии абонентских и соединительных линий. В зависимости от системы АТС *ШК* выполняют все перечисленные функции или эти функции поделены между двумя шнуровыми комплектами — исходящим *ИШК* и входящим *ВШК*. Исходящий шнуровой комплект через коммутационные приборы подключается к линии вызывающего абонента, а входящий — к линии вызываемого абонента.

Более подробно функции, выполняемые шнуровыми комплектами, изучаются в разделах соответствующих систем АТС.

Комплект соединительных линий КСЛ представляет собой промежуточное согласующее устройство между соединительной линией и входом или выходом коммутационной системы или ее отдельной частью и предназначен для передачи по соединительным линиям линейных сигналов и сигналов управления. Такие комплекты устанавливаются на исходящих и входящих концах соединительных линий, связывающих между собой различные станции (на городских телефонных сетях такими станциями являются районные АТС, узлы исходящего и входящего сообщений, подстанции, учрежденческие станции). Тип *КСЛ* зависит от типа линий и станций, на которых они устанавливаются. Комплекты соединительных линий электромеханических АТС, построенные с помощью реле, называют реле соединительных линий *(РСЛ)*.

Соединительные линии могут быть одностороннего, двустороннего и универсального действия.

Соединительные линии одностороннего действия обслуживают потоки вызовов одного направления (от одной станции к другой). Такие линии между станциями используются в том случае, если емкость пучков этих линий позволяет обеспечить высокое их использование или когда протяженность их невелика. На городских телефонных сетях, как правило, используются соединительные линии одностороннего действия.

Соединительные линии двустороннего действия обслуживают потоки вызовов, поступающих в обоих направлениях (от одной станции к другой и обратно).

Соединительные линии универсального действия обслуживают местные вызовы (внутри города или сельского района), а также потоки междугородных вызовов, исходящих от абонентов и входящих к абонентам местных сетей.

Соединительные линии двустороннего и универсального действия используются в том случае, если линии имеют значительную протяженность, а пучки — малую емкость.

В качестве соединительных линий на телефонных сетях используются физические двух-, трех- и четырехпроводные линии, а так-

же каналы уплотнения. Выбор типа соединительных линий определяется на этапе проектирования отдельных участков телефонной сети и зависит от их протяженности, емкости пучков, а также от требования по обеспечению норм затухания разговорного тракта.

4.9. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЛИНЕЙНЫХ СИГНАЛОВ

В процессе установления и разъединения соединительного тракта между телефонными аппаратами вызывающего и вызываемого абонентов передача сигналов управления и линейных сигналов осуществляется в зависимости от вида соединения на разных участках соединительного тракта: ТА вызывающего абонента — АТС, внутри АТС1, между АТС1 и АТС2, внутри АТС2, АТС2—ТА вызываемого абонента.

Сигналы на отдельных участках соединительного тракта отличаются между собой как способом передачи, так и способом кодирования. Сигналы могут передаваться импульсами постоянного тока (батарейный способ), индуктивным способом или переменным током тональной частоты (частотный способ).

Передача сигналов импульсами постоянного тока может осуществляться по проводам *a* и *b* соединительного тракта; по искусственной линии, включаемой в средние точки линейных трансформаторов; по специальным проводам многопроводным способом между регистром и *УУ*.

На рис. 4.13 показаны основные схемы, используемые для образования, передачи и приема сигналов импульсами постоянного тока. Схема рис. 4.13*а* представляет собой двухпроводную шлейфную схему и применяется в основном при передаче сигналов по абонентским линиям, где адресная информация передается разрывом шлейфа в импульсном контакте (*ИК*) номеронабирателя.

Схема передачи не требует наличия батареи и заземления в пункте образования сигналов, имеет симметричное построение, обеспечивающее необходимое снижение помех на соседние цепи, и обладает удовлетворительной дальностью действия.

Схема образования и передачи сигналов между приборами отдельных ступеней искания одной или двух АТС представлена на рис. 4.13*б*. Сигналы передаются при размыкании и замыкании контактов a_1 и a_2 реле *А* по двум однопроводным цепям в обмотки приемного (импульсного) реле *И*, получающего питание от станционных батарей двух АТС. Данная схема передачи имеет повышенную дальность действия по сравнению со схемой рис. 4.13*а*, так как в ней каждая обмотка реле *И* получает питание от отдельных батарей. Магнитные потоки на линии взаимно компенсируются, что уменьшает помехи. В обмотках реле *И* эти потоки складываются. Такая схема используется при передаче адресной информации.

На рис. 4.13*в* приведена схема, используемая для передачи полярных сигналов. Она создает сигналы постоянного тока одного

направления при срабатывании реле *А* и сигналы другого направления при одновременном срабатывании реле *А* и реле *В*. Приемное реле *П* (поляризованного типа) или электронное приемное устройство в зависимости от направления тока замыкает свои контакты *1—2* или *1—3*.

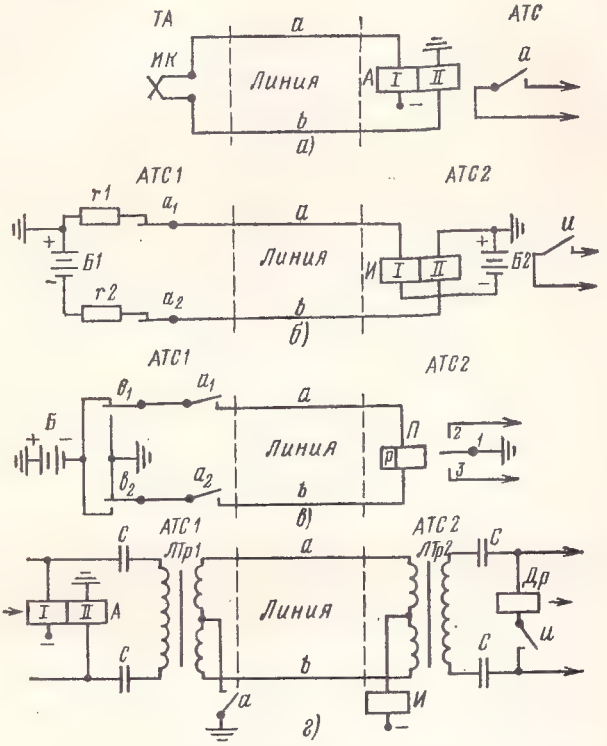


Рис. 4.13. Схема образования, передачи и приема сигналов постоянного тока

На рис. 4.13*г* представлена схема, позволяющая передавать сигналы постоянного тока по двупроводным линиям, оборудованным трансформаторами. Сигналы передаются реле *А*, а принимаются реле *И*. Реле *И*, сработав от токов, поступающих по проводам *а* и *b*, замыкает через дроссель *Др* вторичную цепь. Эта схема предназначена для передачи цифровой информации по линиям средней дальности действия. Однако эта схема обладает недостатками. Она оказывает значительное индуктивное воздействие на соседние цепи, поскольку сигналы в обоих проводах линии проходят в одном направлении. Кроме того, в ней станционные приборы (реле) подключаются к линейным обмоткам трансформатора, что нарушает одно из положений техники безопасности, запрещающей иметь непосредственные (гальванические) связи прибо-

ров станции с проводами линий большой протяженности (для избежания случайных поражений персонала станции электрическим током высокого напряжения).

В рассмотренных схемах дальность действия при передаче сигналов постоянным током зависит от напряжения батареи, чувствительности приемных реле, параметров линии.

На рис. 4.14*а* представлена схема образования, передачи и приема сигналов индуктивным способом. Процесс передачи сигналов осуществляется следующим образом. Перед началом пере-

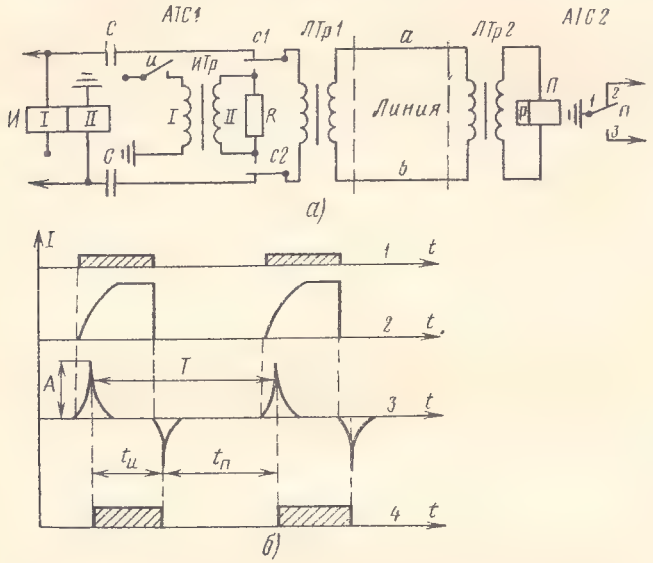


Рис. 4.14. Схема передачи и приема сигналов индуктивным способом:
а) схема передачи и приема; *б)* временна́я диаграмма;
1 — импульсы, создаваемые контактом реле *И*; *2* — импульсы постоянного тока в обмотке *ИТр*; *3* — индуктивные импульсы в линии; *4* — импульсы, создаваемые контактом *1—3* реле *П*

дачи в схеме срабатывает реле *С* (на схеме показаны только его контакты *с1* и *с2*), подключая к линейному трансформатору *ЛТр1* импульсный трансформатор *ИТр*. Во время передачи работает реле *И*, получая соответствующее число импульсов, и своим контактом *и* создает цепь прохождения постоянного тока в первичной обмотке *ИТр*. При нарастании тока во вторичной обмотке *ИТр* индуцируется импульс тока положительного направления, а при убывании — отрицательного (рис. 4.14*б*).

Таким образом, один импульс постоянного тока создает два индуктивных импульса разных направлений. Индуктивные импульсы поступают в линию и на приемном конце воздействуют на приемное реле *П*. Это реле имеет нейтральную регулировку: при отсутствии тока якорь реле остается у того контакта, к которому

он был переброшен последним импульсом. В исходном состоянии реле *П* контакт *1—2* замкнут. В это положение якорь возвращается после окончания каждой передачи специальным импульсом. При поступлении положительного индуктивного импульса якорь реле *П* перебрасывается в положение, при котором замыкается контакт *1—3*. Отрицательный индуктивный импульс возвращает якорь реле в исходное положение. Переключая контакты *1—2* и *1—3*, реле *П* передает сигналы управления в приборы АТС2 импульсами постоянного тока.

Длительность импульса $t_и$ зависит от времени нахождения в притянутом состоянии якоря реле *П* (контакты *1—3* замкнуты) и определяется интервалом времени между амплитудами импульсов положительного и отрицательного направлений. Отрезок времени между индуктивными импульсами образует паузу $t_п$ между импульсами постоянного тока (контакты *1—3* разомкнуты). Важнейшими параметрами индуктивных импульсов, кроме длительности $t_и$ и $t_п$, являются амплитуда импульса *A*, период следования *T* и импульсный коэффициент $K=t_и/t_п$. Эти параметры, в свою очередь, влияют на параметры импульсов постоянного тока, образованных контактами реле *П*. Из индуктивных импульсов можно образовывать индуктивные сигналы с теми или иными параметрами. Если индуктивный сигнал образуется только одним первичным импульсом постоянного тока (контакты реле *И*), то индуктивный положительный импульс отображает начало сигнала, а отрицательный — его конец и, следовательно, промежуток времени между этими импульсами определяет длительность управляющего сигнала $t_и$.

Если индуктивные сигналы образуются серией первичных импульсов постоянного тока, то он будет состоять из нескольких пар положительных и отрицательных индуктивных импульсов и пауз между ними. Дальность передачи индуктивных сигналов зависит от напряжения станционной батареи, электрических параметров цепи, по которой ведется передача сигналов, и чувствительности приемного реле.

Недостатками индуктивного способа передачи являются: необходимость применения обходных устройств при наличии на линиях усилителей тональной частоты, а также сложность передачи индуктивных сигналов по каналам высокочастотного уплотнения. Указанные недостатки ограничивают дальность передачи индуктивных сигналов и исключают применение этого способа передачи на уплотненных линиях. Индуктивный способ передачи находит наиболее широкое применение на сельских телефонных сетях.

На рис. 4.15*а* представлена схема образования, передачи и приема тональных сигналов. Для образования тональности сигналов синусоидальной формы служит электронный генератор *Г*. Тональные сигналы (импульсы) выдаются в линию с помощью контактов импульсного реле *И* через линейный трансформатор *ЛТр1*. Импульсное реле работает от управляющих импульсов постоянного тока, причем режим работы импульсного реле, опреде-

ляемый его временны́ми параметрами $t_{ср}$ и $t_{отш}$, зависит от требуемых временны́х параметров тональных сигналов. На приемном конце линии тональные сигналы через линейный трансформатор *ЛТр2* поступают на вход приемника тональных сигналов *ПТС* (обычно называемого приемником тонального набора *ПТН*), который преобразует эти сигналы в сигналы постоянного тока, воздей-

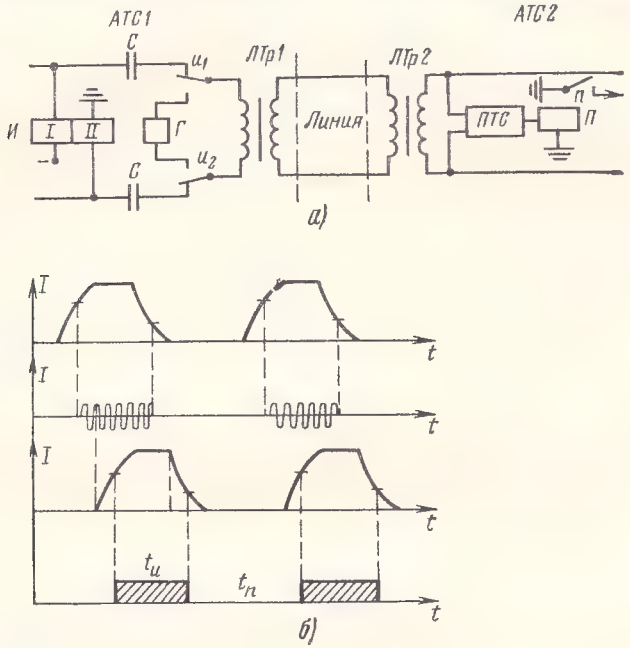


Рис. 4.15. Схема передачи и приема тональных сигналов:
а) схема передачи и приема; *б)* временна́я диаграмма; *1* — импульсы в обмотке реле *И*; *2* — тональные импульсы в линии; *3* — импульсы в обмотке реле *П*; *4* — импульсы, создаваемые контактом реле *П*

ствующие на приемное реле *П*. Последнее выдает сигналы постоянного тока в исполнительные цепи.

Тональные сигналы характеризуются параметрами: частотой тока, образующего импульс, и уровнем мощности; паузами между ними; количеством импульсов в сигнале.

Форма тока должна быть строго синусоидальной, исключающей возможность образования гармоник, оказывающих мешающее влияние на соседние цепи.

Тональные сигналы можно передавать по телефонным разговорным каналам, так как разговорные токи и токи тональных сигналов имеют уровни мощностей и частоты, находящиеся в одних пределах. Тональные сигналы нашли широкое применение на междугородных сетях и начали широко использоваться на ГТС и СТС в связи с внедрением координатных АТС.

4.10. КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ

Для передачи сигнала и правильного его распознавания в приемном устройстве он должен содержать определенные отличительные признаки. Такими признаками могут быть: уровень (амплитуда) сигнала; число посылок; длительность посылок; полярность; частота; сдвиг посылок по времени; фаза сигнала; последовательность передачи сигнала, т. е. придание соответствующего значения сигналу в зависимости от этапа соединения, на котором этот сигнал передается. Из этого большого числа признаков наибольшее распространение получили: число посылок, их длительность, полярность, частота, последовательность передачи сигналов, сдвиг посылок во времени.

Сигналы могут передаваться в некодированном и кодированном виде. Система сигналов называется *некодированной,* если каждому сигналу соответствует определенное значение только одного признака, по которому ведется распознавание сигналов. При передаче сигналов цифровой информации о номере вызываемого абонента каждый сигнал отличается только числом посылок (импульсов), т. е. при наборе цифры 1 передается одна посылка, при наборе цифры 2 — две посылки и т. д. до десяти посылок. При большом числе различных сигналов некодированные системы передачи сигналов неэкономичны, поскольку требуют большого числа значений признака, равного числу передаваемых сигналов. При этом время передачи сигналов также возрастает.

Кодирование сигналов применяется с целью уменьшения времени передачи, повышения надежности и достоверности их распознавания при приеме.

Система сигналов называется *кодированной,* если каждому сигналу соответствует сочетание (комбинация) различных признаков или нескольких значений одного используемого признака. Совокупность кодовых комбинаций, каждая из которых несет строго регламентированную информацию, образует *сигнальный код.*

Сигнальные коды различаются: видами токов (постоянный, переменный), образующих элементарные сигналы; параметрами элементарных сигналов (для сигналов переменного тока этими параметрами являются: частота, длительность, уровень мощности, время распознавания); количеством элементарных сигналов в кодовых комбинациях; общим количеством кодовых комбинаций и назначением каждой из них; областью применения.

Элементарные сигналы кодов должны обладать четко выраженными и устойчивыми параметрами, позволяющими легко различать их на приеме. Количество элементарных сигналов в кодовых комбинациях может быть различным. При одинаковом количестве элементарных сигналов в кодовых комбинациях код называется *равномерным,* при неодинаковом — *неравномерным.*

В применяемых кодах для передачи сигналов управления и линейных сигналов предусматривается столько сигналов, сколько требует та или иная система АТС.

Сигнальные коды оценивают следующими показателями: возможным количеством кодовых комбинаций; временем передачи кодовой комбинации; возможностями передачи сигналов по линиям связи различного типа (физическим и уплотненным системами ВЧ или ИКМ); сложностью передающих и приемных устройств; дальностью передачи; помехоустойчивостью; надежностью и способностью к обнаружению и исправлению ошибок в передачах.

Коды, образованные на основе элементарных сигналов постоянного тока, могут быть:

полярно-числовые, у которых элементарные сигналы различаются направлением (полярностью) тока при сохранении постоянных значений амплитуды и временны́х параметров;

амплитудно-полярные, у которых элементарные сигналы различаются амплитудой и направлением при постоянстве их временны́х параметров;

импульсно-временны́е, у которых варьируются временны́е параметры элементарных сигналов при сохранении неизменными их направления и амплитуды.

Полярно-числовой код, используемый в АТС К-100/2000, приведен в табл. 4.1. Код имеет 10 кодовых комбинаций с числом элементарных сигналов в кодовой комбинации от одного до пяти. Код является неравномерным, так как длительность передачи кодовой комбинации изменяется в зависимости от числа элементарных сигналов от 60 до 300 мс. Код используется для передачи

Таблица 4.1

ПОЛЯРНО-ЧИСЛОВОЙ КОД АТС К-100/2000

Номера кодовых комбинаций		Элементарные сигналы					Номера кодовых комбинаций		Элементарные сигналы				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
1	*a*	−	+	−	+	−	6	*a*	+	−	+	−	+
	b	+	−	+	−	+		*b*	−	+	−	+	−
2	*a*	−	+	−	+		7	*a*	+	−	+	−	
	b	+	−	+	−			*b*	−	+	−	+	
3	*a*	−	+	−			8	*a*	+	−	+		
	b	+	−	+				*b*	−	+	−		
4	*a*	−	+				9	*a*	+	−			
	b	+	−					*b*	−	+			
5	*a*	−					10	*a*	+				
	b	+						*b*	−				

цифровой информации из регистра в маркер и в обратном направлении из маркера в регистр.

Недостатком данного кода являются его неравномерность и невозможность использования на уплотненных линиях, а также ли-

ниях, оборудованных усилителями, фильтрами и трансформаторами.

Коды с сигналами постоянного тока не могут иметь высокого быстродействия, так как их передача и прием осуществляются в основном электромеханическими передатчиками и приемниками релейного типа. Кроме того, многоэлементные сигналы выдаются последовательно, что увеличивает время передачи.

Находят широкое применение коды с элементарными сигналами переменного тока тональной частоты. Каждая комбинация многочастотного кода состоит из двух и более элементарных сигналов, имеющих различные частоты. В АТСК применяются многочастотные коды «2 из 5» и «2 из 6», в которых для образования элементарных сигналов используются соответственно пять или шесть различных частот, а для образования кодовой комбинации используют две частоты, что повышает помехоустойчивость кода.

Возможное количество кодовых комбинаций в многочастотных кодах определяется количеством сочетаний

$$C_m^n = \frac{m!}{n!\,(m-n)!},$$

где m — общее число элементарных сигналов (пять или шесть в рассматриваемых кодах); n — число элементарных сигналов в каждой кодовой комбинации (два в рассматриваемом случае).

Для кода «2 из 5» $C_5^2 = \frac{5!}{2!\,(5-2)!} = 10.$ Для кода «2 из 6» $C_6^2 = \frac{6!}{2!\,(6-2)!} = 15.$

Для ускорения передачи частоты, соответствующие каждой кодовой комбинации многочастотного кода, посылаются одновременно, т. е. применяется параллельный способ передачи частот в линию. Длительность сигналов в данном коде составляет в среднем 40—50 мс.

Двухчастотный код «2 из 6» приведен в табл. 4.2. Кодовые комбинации кода «2 из 5» помещены в двойной рамке этой таблицы.

Сигнальные частоты: $f_0=700$, $f_1=900$, $f_2=1100$, $f_4=1300$, $f_7=1500$, $f_{11}=1700$ Гц. Индексы частот выбраны таким образом, что их сумма дает цифру номера, соответствующую кодовой комбинации (за исключением цифры 0).

Многочастотные коды «2 из 6» и «2 из 5» относятся к самопроверяющимся кодам, поскольку они позволяют путем введения на приемном конце несложной релейной схемы выявить ошибки при передаче (например, отсутствие одной из частот). При необходимости можно запросить повторить передачу еще раз. Это позволяет повысить достоверность передачи.

В многочастотном коде используются частоты разговорного спектра, поэтому этот код можно использовать для передачи сигналов по уплотненным линиям. Частоты вырабатываются элек-

Таблица 4.2

МНОГОЧАСТОТНЫЙ КОД «2 ИЗ 6»

Номера кодовой комбинации	Элементарные сигналы					
	f_0	f_1	f_2	f_4	f_7	f_{11}
1	+	+				
2	+		+			
3		+	+			
4	+			+		
5		+		+		
6			+	+		
7	+				+	
8		+			+	
9			+		+	
10				+	+	
11	+					+
12		+				+
13			+			+
14				+		+
15					+	+

Примечание. Знак «+» означает наличие соответствующей частоты в сигнале.

тронным генератором. Сигналы кодируются релейными или электронными схемами регистров и маркеров *(УУ)*.

Четырехэлементный двухчастотный код для передачи цифровой информации представлен в табл. 4.3. Длительность передачи всех цифр одинакова, так как для передачи каждого сигнала передаются четыре частоты, предусмотренные кодовой комбинацией.

Таблица 4.3

ЧЕТЫРЕХЭЛЕМЕНТНЫЙ ДВУХЧАСТОТНЫЙ КОД

Номер кодовой комбинации	Элементарные сигналы				Номер кодовой комбинации	Элементарные сигналы			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1	f_2	f_2	f_2	f_1	6	f_2	f_1	f_1	f_2
2	f_2	f_2	f_1	f_2	7	f_2	f_1	f_1	f_1
3	f_2	f_2	f_1	f_1	8	f_1	f_2	f_2	f_2
4	f_2	f_1	f_2	f_2	9	f_1	f_2	f_2	f_1
5	f_1	f_2	f_2	f_1	10	f_1	f_2	f_1	f_2

Кодовые комбинации сигналов тональной частоты принимают, декодируют и переводят в сигналы постоянного тока кодовые приемники, принцип действия которых изучается в гл. 6.

Для передачи кодированных сигналов используются следующие способы: «импульсный челнок», «импульсный пакет», «безынтер-

вальный импульсный пакет». Передача сигналов способом «импульсный челнок» напоминает прямые и обратные движения ткацкого челнока и производится следующим образом. Вызывающее устройство (например, регистр) подключается к вызываемому устройству (например, маркеру) и посылает сигнал о готовности к выдаче информации. Маркер посылает сигнал запроса информации, по которому регистр ее выдает. Далее из маркера вновь поступает сигнал запроса (или подтверждение о приеме информации) и регистр выдает следующую порцию информации и т. д. После выдачи всей информации регистр освобождается. При таком способе повышается достоверность передачи, но одновременно возрастает время передачи. Передача способом «импульсный челнок» применяется на сетях сложной структуры. Этот способ позволяет многообразно использовать накопленную в регистре цифровую информацию. В зависимости от вида команды (сигнала запроса) регистр может выдавать одну или несколько цифр номера, номер полностью, повторять передачу цифр, а также осуществлять выдачу сигналов требуемым кодом.

При необходимости передавать накопленную информацию с повышенной скоростью применяют пакетные способы. При передаче способа «импульсный пакет» накопленные кодовые комбинации следуют одна за другой по одной команде с соблюдением интервалов между кодовыми комбинациями. За время интервала приемное устройство перестраивается на прием очередного сигнала (кодовой комбинации). Способ «безынтервальный импульсный пакет» предусматривает передачу всех сигналов (кодовых комбинаций) без интервалов между ними, что значительно уменьшает время передачи информации. Распознавание кодовых комбинаций на приемном конце основано на их смене.

Если в передаваемой информации рядом стоящие кодовые комбинации одинаковы, что затрудняет их распознавание, то все четные одинаковые комбинации заменяются сигналом «Повторение». Например, если требуется передать номер 55433336, то при кодировании вместо вторых, четвертых повторяющихся цифр будет передаваться сигнал «Повторение», обозначенный, например *x*. Тогда передавать кодированным способом будут следующие сигналы: 5*x*43*x*3*x*6.

В регистровых системах передача управляющей информации из регистра в *УУ* (маркеры) может осуществляться несколькими способами: многопроводным способом; по проводам *a* и *b* соединительного тракта; по выделенному индивидуальному или групповому каналу. При многопроводном способе информация передается из регистра по нескольким проводам одновременно. Число проводов, связывающих регистр и приемную часть *УУ* на соответствующей ступени искания, определяется способом записи адресной информации в регистре (кодировании или некодировании) и количеством цифр, которые требуются передавать в *УУ*. Если фиксирующие устройства, запоминающие информацию о цифре абонентского номера, построены по десятичной системе, то между каждым

фиксатором регистра и *УУ* имеется 10 проводов. После поступления команды на выдачу информации рабочий сигнал подается по одному проводу, номер которого будет соответствовать зафиксированной цифре.

Если информация о цифре номера в фиксаторе записана в кодированном виде, то число проводов, соединяющих фиксатор регистра с *УУ*, будет зависеть от принятой системы кодирования. Например, если принят код «2 из 5», то число проводов от каждого фиксатора уменьшится до 5, а рабочие сигналы после фиксации номера будут появляться на двух проводах в соответствии с кодовой комбинацией, сопоставленной зафиксированной цифре. Многопроводная система передачи сигналов управления имеет высокое быстродействие. Однако этот способ неэкономичен в силу большого числа проводов, по которым передается информация, и применяется только при передаче информации внутри станции.

Передача информации по проводам соединительного тракта не требует дополнительных проводов, поэтому может применяться как при внутристанционных, так и межстанционных соединениях. Время передачи информации будет несколько больше, чем при многопроводном способе, поскольку информация передается последовательно.

В квазиэлектронных АТС наметилась тенденция использования отдельных (сигнальных) каналов для передачи сигналов управления. Причем сигнальный канал может быть индивидуальным или групповым. Индивидуальный канал для передачи сигналов управления и линейных сигналов выделяется для каждого телефонного канала вне полосы частот последнего. Основным достоинством индивидуального канала является упрощение приемных устройств за счет устранения влияния разговорных частот. Групповой канал для передачи сигналов является общим для одного или нескольких пучков каналов. Он представляет собой типовой телефонный канал, оборудованный аппаратурой передачи данных, посредством которой и передаются сигналы управления и линейные сигналы. Такой канал получил название *общего канала сигнализации (ОКС)* или *общего канала управления (ОКУ)*. Этот способ передачи сигналов применяется в новых квазиэлектронных системах АТС, а также на интегральных сетях связи.

ГЛАВА 5

СИСТЕМЫ АТС С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ (ДЕКАДНО-ШАГОВЫЕ)

5.1. КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ДЕКАДНО-ШАГОВЫХ АТС

Декадно-шаговые системы АТС (АТСДШ) относят к «первому поколению» автоматических систем телефонной коммутации. Первые АТС этой системы появились еще в прошлом столетии.

Автоматические телефонные станции в Советском Союзе начали производить в 1927 г. на заводе «Красная Заря» в Ленинграде. Это были станции так называемой «машинной» системы, которую также относят к АТС первого поколения.

После окончания Великой Отечественной войны восстановить производство АТС машинной системы не удалось и было принято решение — организовать на заводе «Красная Заря» производство автоматических телефонных станций декадно-шаговой системы Разработка этой системы была закончена в 1947 г. Система получила название АТС-47. В 1954 г. была закончена разработка АТС усовершенствованной декадно-шаговой системы, получившей название АТС-54. Параллельно на заводе ВЭФ в Риге была разработана и начата производством декадно-шаговая АТС типа УАТС-49, предназначенная для автоматизации внутренней телефонной связи предприятий и учреждений.

В настоящее время (1978) городские телефонные сети Советского Союза обслуживаются в основном декадно-шаговыми АТС типа АТС-47, АТС-54 и АТС-54А. Их общая емкость превышает 11 000 000 номеров. Начиная с 1970 г. производство АТСДШ сокращается, поскольку с 1968 г. началось внедрение автоматических телефонных станций второго поколения — координатных.

Наряду с АТСДШ, предназначенными для автоматизации городских телефонных сетей, были разработаны и выпускались АТСДШ небольших емкостей для сельских телефонных сетей. Наибольшее распространение получили два типа станций: АТС 50/100 и АТС 500. Производство этих станций прекращено в середине шестидесятых годов, и в настоящее время все развитие сельских телефонных сетей производится исключительно на основе координатных систем.

5.2. КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Коммутационные приборы АТСДШ подробно изучались в курсе «Основы дискретной автоматики». Здесь мы напомним некоторые основные характеристики приборов, используемых в декадно-шаговых АТС.

Шаговые искатели типа ШИ используются в АТСДШ на ступени предварительного искания: ШИ-11 в системе АТС-47 и ШИ-17 в системе АТС-54 и АТС-54А. Контактное поле ШИ-11 имеет 10 трехпроводных выходов, а искателя ШИ-17 — 15 четырехпроводных выходов. Мощность электромагнита в обоих типах искателей 60 Вт, скорость движения 25—40 шагов в секунду (ш/с). Сопротивление контакта щетка—ламель — не более 5 Ом. Срок службы (число рабочих циклов без подрегулировки и ремонта) $1{,}5 \cdot 10^5$—10^6.

Декадно-шаговые искатели типа ДШИ и ДШИМ используются на ступенях группового и линейного искания. Контактное поле имеет 10 декад по 10 трехпроводных выходов в каждой декаде. Модернизированные ДШИ (ДШИМ), используемые в

системе АТС-54 на ступени *ГИ*, имеют по 11 выходов в декаде. Мощность электромагнитов в обоих типах искателей 60 Вт. Сопротивление контакта щетка—ламель — не более 2 Ом. Скорость движения при свободном вращательном движении ДШИ 32 — 38 ш/с, ДШИМ 30 — 32 ш/с. Срок службы 10^6 рабочих циклов.

Реле РПН (реле плоское нормальное) может иметь не более трех контактных групп, число контактных пружин в группе обычно бывает не более пяти. Число обмоток реле — не более трех, число выводов обмоток — пять. Ход якоря реле 1,1—1,5 мм, максимально допустимая мощность рассеяния 5 Вт. Срок службы 10^7 срабатываний при активной нагрузке контактов током не более 0,2 А.

5.3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ, ГРУППООБРАЗОВАНИЕ, НУМЕРАЦИЯ

Ступени искания

АТСДШ образуются из трех видов ступеней искания: ступени предварительного искания *ПИ*, группового искания *ГИ* и линейного искания *ЛИ*.

Ступень *ПИ* осуществляет свободное искание по схеме ВП—вход—поле и предназначается для подключения линий вызывающих абонентов к входам первой ступени *ГИ*. Каждая абонентская линия заканчивается на АТС абонентским комплектом *АК*, состоящим из двух реле и предыскателя типа ШИ. Сто комплектов *АК* монтируются на одном стативе (статив *ПИ*), и, таким образом, число стативов *ПИ*, устанавливаемых на АТС, равно числу сотенных абонентских групп.

Ступени группового искания осуществляют групповое искание также по схеме ВП. Их назначение — подключать вход ступени *ГИ* к одной из свободных линий в направлении, определяемом поступающим на этот вход числом импульсов. Искание направления является вынужденным, искание линии в направлении — свободным. В зависимости от емкости телефонной сети

Таблица 5.1

ЧИСЛО СТУПЕНЕЙ *ГИ*, ЕМКОСТЬ СЕТИ

Предельная емкость сети, номеров	Число ступеней *ГИ*	Число знаков в абонентском номере	Нумерация абонентских линий
1000	1	3	000—999
10 000	2	4	0000—9999
100 000	3	5	00000—99999
1 000 000	4	6	000000—999999
10 000 000	5	7	0000000—9999999

и нумерации абонентских линий соединительный тракт имеет несколько последовательно включаемых ступеней *ГИ*. Число ступеней *ГИ* в АТСДШ, предельная (теоретическая) емкость телефонной сети, число знаков в абонентской нумерации и нумерация, соответствующая предельной емкости, указаны в табл. 5.1.

Индексация ступеней группового искания всегда идет от ступени *ПИ—1ГИ, 1ГИ* и т. д.

Ступени групповых искателей комплектуются из стативов, на каждом может быть установлено до 20 групповых искателей.

Ступень линейного искания осуществляет линейное (индивидуальное) искание по схеме ВП и предназначается для подключения входа ступени *ЛИ* к вызываемой абонентской линии из группы в 100 линий. Для каждой сотни абонентов устанавливается один статив *ЛИ*, на котором для обслуживания вызовов, поступающих в данную сотенную группу, может быть установлено максимально 20 *ЛИ*. Все контактные поля *ЛИ* одного статива запараллеливаются и подключаются к абонентским комплектам статива *ПИ*, обслуживающего ту же сотенную группу.

При установлении соединения в *ЛИ* передаются две последние цифры номера вызываемого абонента. Подъемное движение *ЛИ* (номер декады) определяется цифрой десятков, вращательное движение — цифрой единиц, т. е. оба движения *ЛИ* вынужденные.

Автоматическая телефонная станция с одной ступенью *ГИ*

Если в соединительном тракте имеется одна ступень группового искания, то максимальная емкость телефонной станции составит 1000 номеров. На такой станции достаточно иметь трехзначную нумерацию от 000 до 999. Первая цифра номера обозначает номер сотенной группы. Нумерация абонентов в пределах каждой сотни двузначная 00—99.

На АТСДШ емкостью 1000 номеров должно быть установлено 10 стативов *ПИ* и 10 стативов *ЛИ*. Что касается числа стативов *ГИ* (и числа самих *1ГИ*), то оно должно быть определено в зависимости от нагрузки, создаваемой абонентами станции.

Для повышения среднего использования *1ГИ* и уменьшения их числа выходы стативов *ПИ* объединяют, образуя общий неполнодоступный пучок линий к *1ГИ*, обслуживающий группу в 1000 абонентских линий.

Образование общего пучка линий, принимающего нагрузку от 1000 абонентов, производится на промежуточном щите *ПЩ*.

Такие щиты применяют почти во всех случаях, когда требуется соединить выходы предыдущей ступени искания с входами последующей ступени искания.

Промежуточный щит — это несложная конструкция из полосовой стали, на которой устанавливаются рамки (гребенки) из изолирующего материала с неподвижно закрепленными металлическими штифтами. Рамки, устанавливаемые с одной стороны промщита, предназначены для включения выходов предыдущей ступени искания, с другой стороны *ПЩ* устанавливаются рамки для включения входов последующей ступени искания. Запараллеливание выходов и соединение с входами производятся с помощью гибких трехпроводных шнуров.

Если, например, расчетом установлено, что для обслуживания нагрузки, создаваемой группой 1000 абонентов, требуется 80 *ГИ*, то, очевидно, необходимо установить на станции четыре статива *ГИ*. Двадцать *ГИ*, устанавливаемых на каждом стативе, могут подключиться через $D=10$ выходов к *ЛИ* каждой из сотенных групп, и, таким образом, от четырех стативов *ГИ* ($g=4$) имеется $gD=40$ выходов в направлении к *ЛИ* каждой сотенной группы. Число *ЛИ*, обслуживающих каждую сотенную группу при обычно встречающихся величинах нагрузки, бывает в пределах $v=12\div15$. Таким образом, gD выходов предыдущей ступени искания к каждой сотенной группе нужно запараллелить таким образом, чтобы получить к следующей ступени искания v входов. (Необходимые для подключения выходов ступени *ГИ* к входам *ЛИ* несложные соединения можно проводить и без *ПЩ*.)

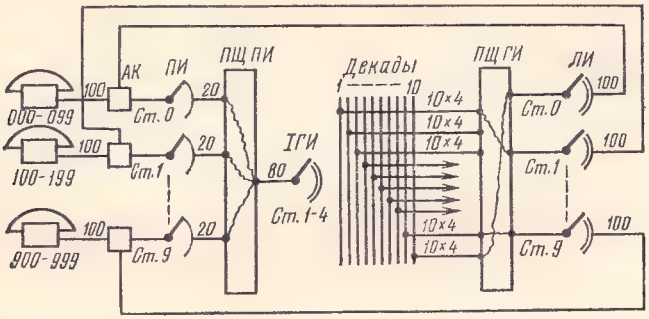


Рис. 5.1. Функциональная схема АТСДШ с одной ступенью *ГИ*

На рис. 5.1 приведена развернутая функциональная схема АТСДШ на 1000 номеров с указанием нумерации абонентских линий, нумерации стативов, числа выходов и входов ступеней искания. Пример ступенчатого включения неполнодоступных пучков рассматривался ранее в гл. 2 (см. рис. 2.10).

Автоматическая телефонная станция с двумя ступенями *ГИ*

В предыдущей схеме из 10 групп *ЛИ* емкостью 100 линий каждая была образована с помощью одной ступени *ГИ* одна группа в 1000 линий. Таким же образом, добавляя в соединительный тракт еще одну ступень *ГИ*, можно получить 10 групп по 1000 линий и образовать одну группу в 10 000 линий. На этой АТС ступень *ПГИ* предназначена для выбора определенной тысячной группы. Вызовы, поступающие к тысячной группе абонентов, обслуживаются своим пучком *ПГИ*, число которых определяется нагрузкой, поступающей к этой тысячной группе абонентов. Ступень *ПГИ* выбирает определенную сотенную группу в пределах своей

тысячной группы, и ступень *ЛИ* отыскивает в своем контактном поле линию вызываемого абонента.

В соответствии с этим нумерация абонентских линий четырехзначная в пределах 0000—9999. Здесь, однако, следует сказать, что в качестве первой цифры абонентских номеров не могут быть использованы цифра 0 и цифра 8.

Общегосударственная система нумерации абонентов телефонных сетей СССР предусматривает использование цифры 0 как первой цифры сокращенных двух- и трехзначных номеров, служащих для получения соединения с так называемыми «спецслужбами». К их числу относятся службы срочного вызова, справочные и службы сервиса. Выходы десятой декады *ІГИ* включены в узел специальных служб УСС.

Цифра 8 предусматривается в качестве индекса выхода на междугородную телефонную сеть (МТС). Следовательно, в АТС с двумя ступенями *ГИ* не могут быть абонентские линии с нумерацией 0000—0999 и 8000—8999 и емкость АТС при четырехзначной нумерации не может быть более 8000 номеров.

Развернутая (т. е. более подробная) функциональная схема декадно-шаговой АТС емкостью 6000 номеров приведена на рис. 5.2. На этой схеме показано несколько групп приборов в каждой

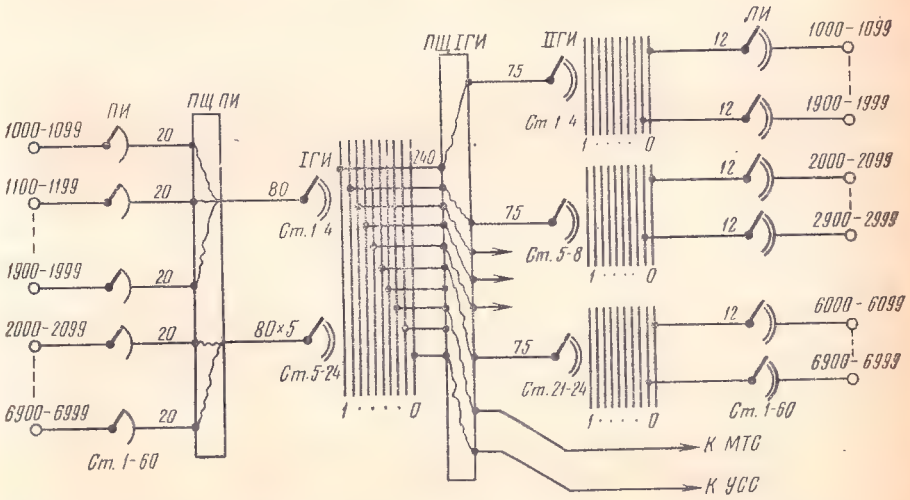


Рис. 5.2. Функциональная схема АТСДШ емкостью 6000 номеров с двумя ступенями *ГИ*

ступени искания. Так, на ступени *ПИ* показаны сотни *0*, *1* и *9* первой тысячи, сотня *0* второй тысячи и сотня *9* шестой тысячи. На ступени *ІГИ* указана отдельно группа *ГИ*, обслуживающая первую тысячу абонентов. Подобные группы *ІГИ* имеются для обслуживания второй, третьей, четвертой, пятой и шестой тысячных

групп. На ступени *ПГИ* показаны группы, обслуживающие нагрузки, поступающие к абонентам первой, второй и шестой тысячных групп, а на ступени *ЛИ* — нулевая и девятая столинейные группы в каждой из этих трех тысячных групп.

Нагрузка от тысячной группы обслуживается отдельными неполнодоступными пучками линий, включаемых во входы ступени *ГИ*. Их число определяется расчетом, например на нашей схеме принято по 80 *ГИ* на каждую тысячу. Всего потребуется $80 \times 6 = 480$ *ГИ* и для их установки $480 : 20 = 24$ статива. Соединение входов ступени *ПГИ* и линий к МТС и УСС с выходами соответствующих декад ступени *ГИ* осуществляется через *ПЩ ГИ*. Предположим, что для обслуживания нагрузки, поступающей в каждую тысячную группу, потребуется 75 *ПГИ*. Запараллеливая на *ПЩ* по некоторой определенной схеме выходы от первой декады всех стативов *ГИ* (всего имеется $10 \times 24 = 240$ выходов), образуют неполнодоступный пучок из 75 линий, включаемых во входы первой группы *ПГИ*. Эта группа, очевидно, должна иметь $75 : 20 = 4$ статива *ПГИ*. В контактное поле этих четырех стативов включены неполнодоступно 10 пучков линий к линейным искателям соответствующих сотенных групп. На рис. 5.2 показано, что нагрузка, поступающая на каждую сотню, обслуживается двенадцатью линейными искателями.

Аналогичным образом образуются НПД пучки линий от 2, 3, 4, 5 и 6 декад *ГИ* к 2, 3, 4, 5 и 6 группам ступени *ПГИ*.

Общее число стативов на всех ступенях искания указано на схеме.

Автоматические телефонные станции с тремя ступенями *ГИ*

Введение еще одной ступени *ГИ* позволяет увеличить емкость до 80 000 номеров с учетом запрета на первые цифры абонентских номеров (0 и 8). Здесь речь идет не о емкости одной телефонной станции, а о емкости телефонной сети, имея в виду, что телефонная связь в городе при такой емкости обслуживается несколькими телефонными станциями, расположенными в различных районах города. Емкость отдельных телефонных станций, вообще говоря, может быть различной, однако чаще всего строят АТС емкостью 10 000 номеров. В здании одной телефонной станции может быть в некоторых случаях сосредоточено оборудование и двух, и трех, полных или неполных, десятитысячных групп. Единицей емкости АТС декадно-шаговой системы принято считать одну десятитысячную группу. И когда говорят «станция емкостью 20 000 номеров», то имеют в виду, что на этой станции имеется две группы по 10 000 номеров.

Сети, обслуживаемые станциями с тремя ступенями *ГИ*, должны иметь 5-значную нумерацию. Последние четыре цифры абонентского номера определяют абонентскую линию в десятитысячной группе. Первая цифра 5-значного номера определяет собой номер (код) десятитысячной группы на данной телефонной сети.

Ступень *ІГИ* теперь должна выбирать направление к десятитысячной группе своей или другой станции, *ІІГИ* будет выбирать направление к требуемой тысячной группе этой станции, *ІІІГИ* — направление к требуемой сотенной группе этой тысячи. Общий вид 5-значного абонентского номера может быть представлен в виде a—××××, где ×=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 и a=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9. Максимальное число станций, которое можно иметь на сети при пятизначной нумерации, равно 8.

Для примера рассмотрим сеть общей емкостью 35 000 номеров, имеющей четыре телефонных станции разной емкости. Данные об этой сети сведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕКАД *ІГИ* НА ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ ЕМКОСТЬЮ 35 000 НОМЕРОВ

Номер декады *ІГИ* всех станций	Код станции a	Емкость АТС, номеров	Нумерация абонентских линий	В выходы декад *ІГИ* включены
1	Резерв			
2	2	8000	20000—27999	*ІІГИ* АТС2
3	3	10 000	30000—39999	*ІІГИ* АТС3
4	4	10 000	40000—49999	*ІІГИ* АТС4
5	5	7000	50000—56999	*ІІГИ* АТС5
6	Резерв			
7	«			
8	8			СЛ к МТС
9	Резерв			
10	0			СЛ к УСС

Очевидно, от каждой из АТС отходят три пучка соединительных линий к другим АТС, на каждой АТС имеется четыре группы *ІІГИ:* одна группа обслуживает вызовы, поступающие от своей АТС, три другие группы обслуживают вызовы, поступающие от других АТС.

Так как емкость АТС2—8000 номеров, то, очевидно, в контактном поле ее стативов *ІІГИ* будут использованы только восемь де-

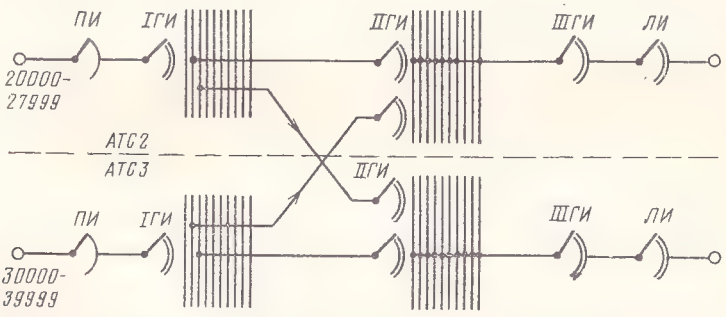


Рис. 5.3. Функциональная схема связи двух АТСДШ на районированной ГТС при 5-значной нумерации

кад, а именно 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 10-я (нулевая). В ступени *IIГИ* АТС5 использованы 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 10-я (нулевая) декады.

Упрощенная функциональная схема двух АТС рассмотренной сети — АТС2 и АТС3 — показана на рис. 5.3.

Автоматические телефонные станции с четырьмя ступенями *ГИ*

Если на телефонной сети с тремя ступенями *ГИ* потребуется иметь более восьми АТС, то необходимо переходить на схему с четырьмя ступенями группового искания. Тогда предельная емкость телефонной сети увеличится в 10 раз и составит 800 000 номеров. По-прежнему цифры 0 и 8 не могут быть использованы в качестве первой цифры абонентских номеров. Абоненты всех телефонных станций в этом случае будут иметь 6-значную нумерацию, которая может быть представлена в виде $ab — \times\times\times\times$, где b и $\times$ — любые цифры и a — любая цифра, кроме 0 и 8. Коды станций теперь будут двузначными — ab. Первая цифра кода a определяет номер 100 000-й группы, вторая цифра кода b определяет номер 10 000-й группы (станции) в этой 100 000-й группе. Первый групповой искатель по цифре a выбирает направление к группе станций (узловому району), затем *IIГИ* по цифре b выбирает одну из станций, которая находится в этом узловом районе.

Автоматические телефонные станции с пятью ступенями *ГИ*

Предельная емкость телефонной сети с пятью ступенями *ГИ* и 7-значной нумерацией составляет $8 \cdot 10^6$ номеров. Телефонные станции (десятитысячные группы) имеют трехзначные коды. Общий вид абонентского номера $abc — \times\times\times\times$. Как и ранее, a может быть равно 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9. На таких сетях ступень *ГИ*, следующая за ступенью *IГИ*, получает индекс *ДГИ*, следующие ступени имеют порядковую нумерацию *II, III, IVГИ*.

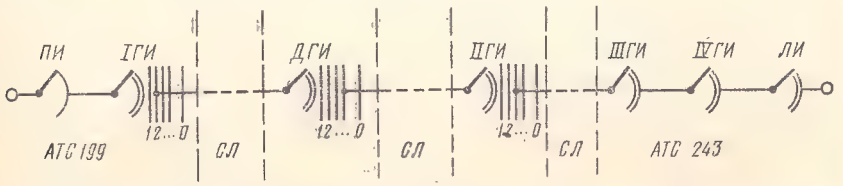


Рис. 5.4. Схема соединительного тракта между районными АТСДШ на ГТС с пятью ступенями *ГИ* и 7-значной нумерацией

На рис. 5.4 приведена в наиболее простом изображении функциональная схема связи на сети с 7-значной нумерацией и пятью ступенями *ГИ* и показано образование соединительного тракта между абонентами двух станций сети: абонент АТС199 вызывает абонента АТС243. Пунктирные связи между ступенями искания указывают на участки соединительных линий. Ступени искания

ДГИ и *ПГИ*, по существу, не являются оборудованием АТС, а представляют собой промежуточные (транзитные) сооружения, так называемые узловые станции. Узловая станция, на которой установлена ступень *ДГИ*, объединяет *исходящую* нагрузку нескольких соседних АТС, узловая станция, на которой установлена ступень *ПГИ*, объединяет нагрузку, входящую на несколько АТС, обслуживающих один узловой район телефонной сети. Если в поле *ГИ* будут использованы все восемь направлений, а в поле *ДГИ* и *ПГИ* все десять направлений, то при емкости АТС, равной 10 000 номеров, мы получим предельную емкость сети

$$N_{\text{макс}} = H_{\text{ГИ}} H_{\text{ДГИ}} H_{\text{ПГИ}} \cdot 10\,000 = 8 \cdot 10^6.$$

5.4. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ (*ЛИ*, *ГИ*, *ЛИ*)

Общие сведения

Изучение основных элементов коммутационных и управляющих устройств, а также способов построения из этих устройств автоматических телефонных станций и процесса установления соединений недостаточно для понимания действия автоматической коммутационной системы в целом. Взаимосвязь всех элементов системы может быть понята только путем изучения принципиальной схемы АТС.

Принципиальной называют такую схему, с помощью которой можно проследить все электрические цепи, образующиеся при установлении соединительного тракта, введении разговора и разъединении после окончания разговора. На одном чертеже показать принципиальные схемы всего соединительного тракта затруднительно, поэтому обычно на отдельных чертежах изображают схемы отдельных ступеней искания. В этом учебнике приведены три основные принципиальные схемы: *ПИ*, *ГИ*, *ЛИ*. На чертежах принято считать, что линия вызывающего абонента находится слева, вызываемого — справа. На схемах показывают устройства, относящиеся к одному соединительному тракту. При изучении схем следует помнить, что на станции имеется большое число таких же совершенно одинаковых устройств и что вследствие запараллеливания выходов ступеней искания могут в некоторые моменты создаваться цепи, параллельные рассматриваемым.

Все элементы, входящие в состав того или иного устройства, показываются на принципиальных схемах условными обозначениями по ГОСТ 2.721—68. Главнейшие из них приведены на рис. 5.5. На схемах указывают обычно главный параметр изображаемого элемента — сопротивление, емкость, а также индексы, упрощающие чтение схемы. Индексы реле обозначаются прописными буквами (в большинстве случаев отражающими функции реле), контакты, приводимые в действие этим реле, обозначаются теми же буквами — строчными. Контактные пружины нумеруются двузнач-

ными числами, по которым можно судить о местоположении данной пружины на корпусе реле, что облегчает отыскание повреждений.

При вычерчивании принципиальных схем стремятся к тому, чтобы схема имела бы как можно меньше линий и пересечений. Поэтому обмотки реле и его контакты располагаются на чертеже

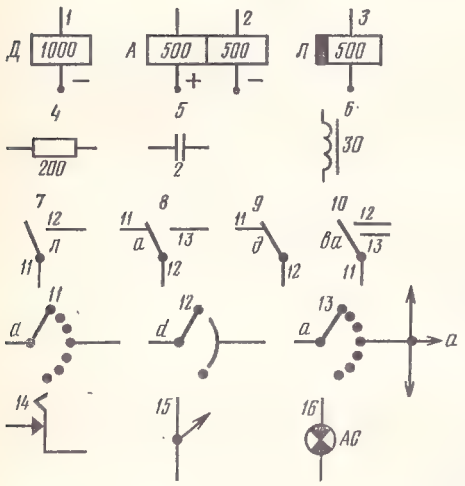


Рис. 5.5. Основные условные обозначения в принципиальных схемах АТС:
1 — однообмоточное реле сопротивлением 1000 Ом; *2* — двухобмоточное реле; *3* — реле с конструктивным замедлителем; *4* — резистор; *5* — конденсатор; *6* — дроссель сопротивлением постоянному току 30 Ом; *7* — контакт на замыкание реле *Л*; *8* — контакт на переключение реле *А*; *9* — контакт на размыкание реле *Д*; *10* — контакт на двойное замыкание реле *ВА*; *11* — щетка и контактное поле искателя; *12* — щетка *D* и поле ряда *d*; *13* — запараллеливание выходов контактного поля; *14* — кнопка с контактом на размыкание; *15* — общая точка; *16* — сигнальная лампа абонентского сигнала

в тех местах, где это позволит уменьшить длину линий, изображающих соединение между различными элементами схемы, и число их пересечений.

Несколько указаний по изучению принципиальных схем.

1. Принципиальные схемы изображаются в исходном состоянии, т. е. когда ни в одной из электрических цепей нет тока. Контакты всех реле показываются в исходном положении, и, следовательно, все контакты «на замыкание» показаны разомкнутыми, а все контакты «на размыкание» — замкнутыми.

2. По мере того как рассматривается действие схемы, некоторые реле срабатывают и переключают свои контактные группы, потом снова могут отпускать и при изучении схемы необходимо запоминать состояние отдельных реле и их контактных групп.

3. Для лучшего понимания последовательности действия отдельных элементов схемы рекомендуется строить временные диаграммы отдельных цепей, на которых отмечают моменты включения и выключения этих цепей. Пример такой временной диаграммы приведен на рис. 5.7. На этой схеме на горизонтальных осях указаны последовательные моменты времени, в которые изменяется состояние схемы, т. е. моменты переключения контактных групп реле. Несовпадения моментов поступления управляющих сигналов (показаны стрелкой) и изменения состояния контактных

групп реле отражают время срабатывания или отпускания реле. Масштаб на оси времени обычно не отражает реального времени.

4. При изучении схем следует отчетливо представлять себе последовательность действия коммутационных приборов и цепей и стараться понять, для чего включается та или иная цепь, зачем в этой цепи имеется тот или другой схемный элемент. При этом нужно иметь в виду, что при разработке принципиальных схем учитывают и возможности неправильного действия абонентов и возможности различных ненормальных действий устройств станции.

Питание аппаратуры АТСДШ осуществляется от источника постоянного тока напряжением 60 В с допустимыми колебаниями в пределах 58—64 В. В качестве такого источника обычно используют выпрямительное устройство, на выходе которого параллельно подключается аккумуляторная батарея, сглаживающая пульсации выпрямленного напряжения и принимающая на себя питание аппаратуры в моменты прекращения подачи переменного тока от питающей энергосистемы. Положительный полюс источника тока заземляется. Благодаря этому некоторые сигналы могут передаваться между станциями по одному проводу соединительной линии (замыкаясь через заземления). На принципиальных схемах подключение к минусу и плюсу источника постоянного тока показывается значками «—» и «+».

Для передачи абонентам АТС акустических информационных сигналов используется источник переменного тока частотой 450 Гц. Один полюс его заземляется. Непрерывная посылка этого сигнала в линию вызывающего абонента является сигналом «Ответ станции». Этот сигнал прекращается одновременно с набором первой цифры.

Прерывистый сигнал с длительностью 0,3с и паузой 0,3с является сигналом занятости вызываемого абонента, а также сигналом невозможности установления соединения из-за занятости всех доступных путей на каком-либо из участков соединительного тракта. Этот же сигнал передается одному из абонентов после окончания разговора, когда второй абонент дал отбой, т. е. положил микротелефонную трубку.

Получение абонентом сигнала «Занято» по любой из причин указывает на необходимость дать отбой.

Прерывистый тональный сигнал, состоящий из посылки длительностью 1с и паузы 4с, передаваемый вызывающему абоненту синхронно с посылкой вызывного сигнала вызываемому абоненту, указывает, что соединение установлено.

Для посылки вызывного сигнала в сторону вызываемого абонента применяется источник переменного тока частотой 25 Гц, напряжением 40 В, которое повышается трансформатором до 80 В. Один из зажимов выходной обмотки этого трансформатора подключен к минусовому полюсу источника постоянного тока.

Принципиальная схема, которая рассматривается в этом учебнике, соответствует функциональной схеме рис. 5.1 и представляет

собой упрощенную схему АТСДШ типа АТС-47. Реальные схемы АТС этого типа намного сложнее. Еще более сложны схемы системы АТС-54. Однако все основные цепи, обеспечивающие установление соединительного тракта и прохождение разговора между двумя абонентами, в приведенных схемах показаны.

Схема предыскателя (рис. 5.6)

Линия каждого абонента заканчивается на АТС индивидуальным абонентским комплектом *АК*, состоящим из двух реле: линейного *Л* и пробно-разделительного *Р* — и предыскателя *ПИ*, в качестве которого в системе АТС-47 используется шаговый иска-

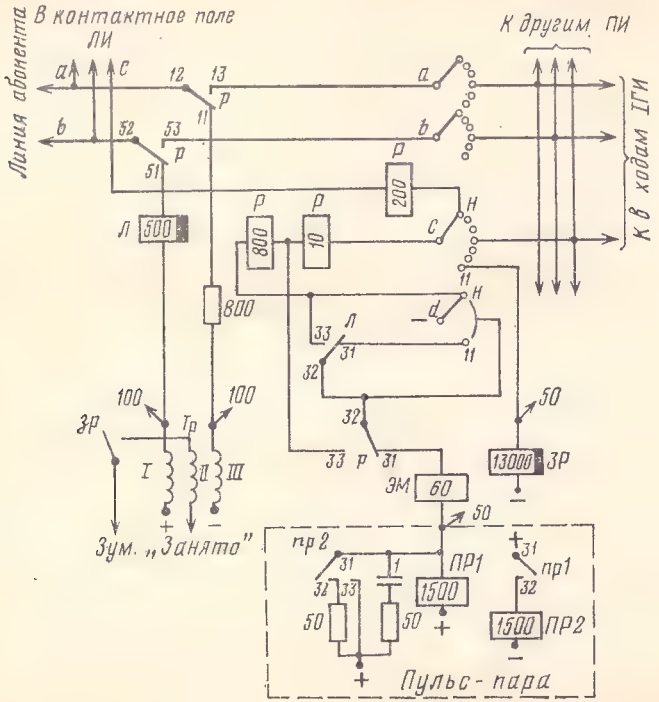


Рис. 5.6. Принципиальная схема *ПИ* АТСДШ

тель ШИ-11, а в системе АТС-54 — ШИ-17. К абонентским комплектам подключаются также провода, соединяющие соответствующие ламели *a*, *b* и *c* контактного поля линейных искателей, которые обслуживают вызовы, поступающие к данной сотенной группе абонентов. На каждые 50 абонентских комплектов имеются два релейных импульсника (пульс-пары), из которых один — резервный.

Рассмотрим действие схемы *ПИ*. Назначение и функции реле абонентского комплекта следующие: *Л* — линейное реле, срабатывает при вызове станции абонентом, пускает в движение *ПИ*, подготавливает цепи пробы и отключается после срабатывания пробно-разделительного реле. Имеет одну обмотку сопротивлением 500 Ом. *Р* — пробно-разделительное реле, срабатывает при пробе свободного *ГИ*, обеспечивая прекращение движения *ПИ*, блокировку занятого выхода, проключение абонентской линии. После двустороннего отбоя отпускает, создавая цепи для возврата *ПИ* в исходное положение. При входящем сообщении срабатывает в пробной цепи *ЛИ*. Имеет три обмотки: 800, 10 и 200 Ом.

Когда вызывающий абонент снимает микротелефон, то рычажным переключателем телефонного аппарата замыкается цепь:

минус, обмотка *III* общестативного трансформатора, резистор 800 Ом, контакт *11—12* реле *Р*, провод *а* линии абонента, контакт рычажного переключателя и схема телефонного аппарата, провод *b*, контакт *52—51* реле *Р*, обмотка реле *Л-500*, обмотка *I* общестативного трансформатора, плюс.

В этой цепи реле *Л* срабатывает и замыкает контактом *32—33* цепь электромагнита *ЭМ:*

минус, щетка предыскателя *d*, ламель начального положения *ПИ* в ряду *d*, контакт *33—32* реле *Л*, контакт *32—31* реле *Р*, обмотка электромагнита *ПИ—ЭМ*, обмотка реле *ПР1—1500* импульсника (пульс-пары), обслуживающего данную группу *ПИ*, плюс.

В этой цепи работает реле *ПР1*, электромагнит получает недостаточный ток и не может притянуть свой якорь. Реле *ПР1* включает своим контактом цепь реле *ПР2*. Реле *ПР2* срабатывает и контактами *31—32—33* (контакт на двойное замыкание) подает на обмотку *ЭМ* «чистый» плюс (в первый момент времени через резистор 50 Ом). Обмотка *ПР1* замыкается накоротко (оба конца обмотки подключены теперь к плюсу) и замедленно отпускает якорь. Электромагнит *ЭМ*, получив полный ток (~ 1 *А*), притянет якорь и щетки его перейдут из начального положения на первый выход, т. е. *ПИ* сделает первый шаг.

Вследствие размыкания контакта реле *ПР1* обрывается цепь реле *ПР2*, которое отпустит. Пульс-пара придет в исходное состояние, *ЭМ* также отпустит якорь. При втором цикле работы импульсника щетки *ПИ* переходят на второй выход.

На рис. 5.7 приведена временна́я диаграмма действия «четырехтактной» пульс-пары. Импульсы тока в электромагните *ПИ* создаются за четыре такта действия схемы: *1* — срабатывание реле *ПР1; 2* — срабатывание реле *ПР2; 3* — отпускание реле *ПР1* и *4* — отпускание реле *ПР2*. Длительность импульсов, получаемых *ЭМ*, определяется временем срабатывания и отпускания реле *ПР1* и *ПР2*, в основном длительностью третьего такта — временем отпускания реле *ПР1*. Достаточная длительность импульса обеспечивается тем, что реле *ПР1* отпускает замедленно, поскольку ток в реле выключается не обрывом цепи, а шунтированием

обмотки. Включенный параллельно обмотке реле *ПР1* контур *RC* предназначен для гашения дуги (искрогашение), образующейся в контактной группе *31—32—33* при отпускании *ПР2*.

Нормальной скоростью передвижения щеток *ПИ* считается 30—35 шагов (контактов) в секунду.

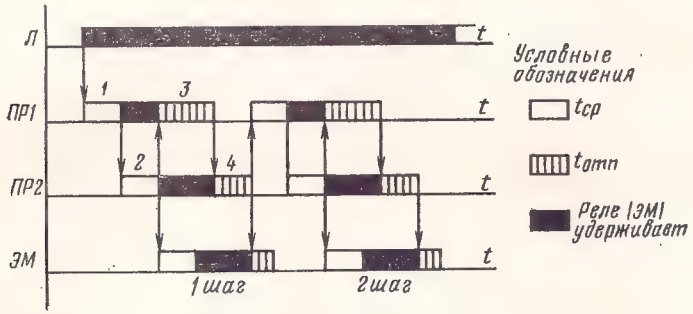


Рис. 5.7. Временна́я диаграмма действия четырехтактного группового импульсника

Основная функция предыскателя — отыскание свободного выхода к *ИГИ* и подключение к нему линии вызывающего абонента. Выходы, которые в данный момент заняты другими соединениями, отмечаются наличием на соответствующих ламелях ряда *c* отрицательной полярности (порядка —50 В). Ламели ряда *c*, к которым подключены свободные выходы, имеют потенциал, равный нулю.

Когда щетки *ПИ* установятся на ламели, к которой подключен свободный выход, реле *Р*, подключенное к щетке *c*, сработает по цепи:

минус, щетка *d*, сегмент *1—10* ряда *d*, контакт *32—33* реле *Л*, обмотки реле *Р-800* и *Р-10*, щетка *c*, ламель ряда *c*, вход *ИГИ* (см. рис. 5.9), контакт кнопки «блокировки» *БК* (она служит для того, чтобы можно было выключить неисправный прибор *ИГИ*), резистор 200 Ом, контакты *31—32* реле *М* и параллельно резистор 700 Ом, плюс и контакты *31—32* реле *А*, *31—32* реле *Д*, *1—2* контактной группы *к* (эта группа приводится в действие при первом шаге подъема ДШИ), обмотка реле *А-110*, плюс.

Реле *Р* рассчитано на надежное срабатывание в этой цепи. В результате срабатывания реле *Р* его контактом *32—31* обрывается цепь *ЭМ* и движение *ПИ* прекращается. Контактами *12*, *13* и *52*, *53* реле *Р* подключает линию абонента к щеткам *a* и *b* предыскателя (и, следовательно, к проводам *a* и *b* *ИГИ*), одновременно отключает от нее реле *Л* и резистор сопротвилением 800 Ом. Реле *Л* лишится тока и отпустит. Одновременно своим контактом *32—33* реле *Р* подключает к щетке *c* минус через обмотку *Р-10*. Тем самым данный выход к ступени *ИГИ* отмечается занятым в контакт-

ном поле всех *ПИ*, выходы которых включены параллельно выходам рассматриваемого *ПИ*.

После срабатывания реле *Р* в схеме занятого *ГИ* сработает реле *А*, вследствие чего к проводу *с* со стороны *ГИ* будет подключен плюс через резистор с сопротивлением 200 Ом, обмотку реле *О-300* и резистор сопротивлением 200 Ом (рис. 5.8). Если

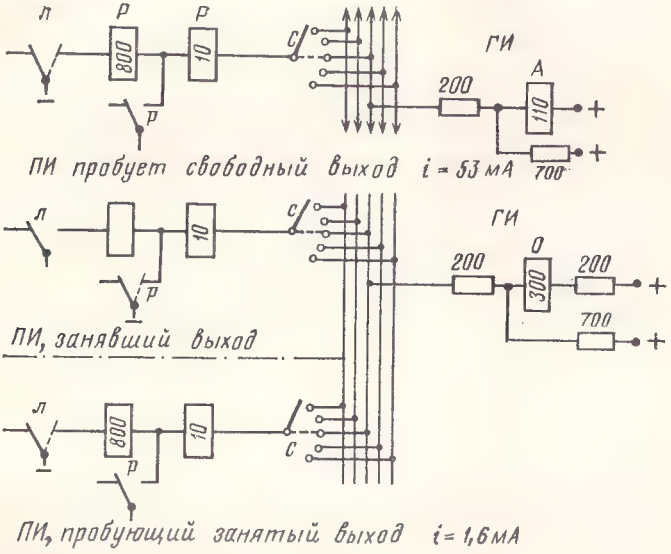


Рис. 5.8. Пробная цепь в схеме *ПИ*

теперь какой-либо другой *ПИ* будет пробовать уже занятую линию, то образуется цепь:

минус, щетка *d* другого *ПИ*, ряд *d*, контакт *32—33* реле *Л*, обмотки *Р-800*, *Р-10*, щетка *с*, ламель ряда *с* и параллельно этой же точке подключена цепь, образованная в схеме *ПИ*, который ранее занял данный выход: минус, щетка и ряд *d*, контакт *32—33* реле *Р*, обмотка *Р-10*, щетка *с*, ламель ряда *с*. Далее общая цепь в схеме *ГИ*: резистор 200 Ом и параллельно: резистор 700 Ом, плюс; обмотка реле *О-300*, резистор 200 Ом, плюс.

В этой цепи через реле *Р* в *ПИ*, пробующем занятый выход, протекает небольшой ток, недостаточный для его срабатывания. В этом случае говорят, что занятый выход «заблокирован» от подключения другого *ПИ*. Цепи, подобные рассмотренным, носят название пробных цепей, они имеются во всех ступенях искания, когда требуется определить свободность выходов, включенных в данную ступень искания.

Если все доступные *ПИ* 10 выходов окажутся занятыми, то *ПИ* перейдет в положение *11*, цепь *ЭМ* оборвется в ряду *d* (щетка *d*

сойдет с сегмента *1—10*) и *ПИ* остановится. Образуется цепь для срабатывания реле *ЗР*, общего для 50 абонентских комплектов. Своим контактом реле *ЗР* подключит цепь тонального сигнала «Занято» к обмотке *II* общестативного трансформатора. Переменный ток 450 Гц наводится в обмотках *I* и *III* и замыкается через линию, аппарат вызывающего абонента и станционную батарею. Вызывающий абонент слышит сигнал «Занято» и кладет микротелефонную трубку. Вследствие этого реле *Л* отпускает, и образуется цепь для *ЭМ*. Щетки *ПИ* приходят в начальное положение.

При входящем сообщении линия абонента занимается со стороны линейного искателя, в контактное поле которого подключены провода *a, b, c* каждого абонентского комплекта. В этом случае на провод *c* из *ЛИ* подается положительная полярность. Если вызываемый абонент свободен, то образуется цепь для срабатывания реле *Р*, которое отключит от линии вызываемого абонента линейное реле и резистор 800 Ом. Если вызываемый абонент занят исходящим вызовом, то цепь пробы и работы реле *Р* не может образоваться, поскольку *ПИ* такого абонента не находится в исходном положении.

Схема первого группового искателя (рис. 5.9)

Функции ІГИ. Первые групповые искатели предназначаются для установления соединения между входом ступени *ІГИ*, к которому подключилась линия вызывающего абонента, и свободным выходом в направлении, определяемом первой цифрой номера вызываемого абонента. Первый *ГИ (ІГИ)* состоит из декадно-шагового искателя ДШИ и релейного комплекта, имеющего 8 реле.

В ходе установления соединения схемой *ІГИ* выполняются следующие основные операции:

при занятии комплкета *ІГИ* одним из предыскателей к линии вызывающего абонента подключается импульсное реле, через обмотки которого в линию передается тональный сигнал «Ответ станции»;

при поступлении первой серии импульсов щетки ДШИ поднимаются на уровень требуемой декады в соответствии с числом полученных импульсов;

за промежуток времени между окончанием первой серии импульсов и началом второй серии импульсов («межсерийное» время) осуществляются свободное искание выхода и проключение соединительного тракта к прибору следующей ступени искания. Занятый выход при этом блокируется от подключения к нему других *ІГИ;*

в случае отсутствия свободного выхода в требуемом направлении осуществляется посылка вызывающему абоненту сигнала «Занято»;

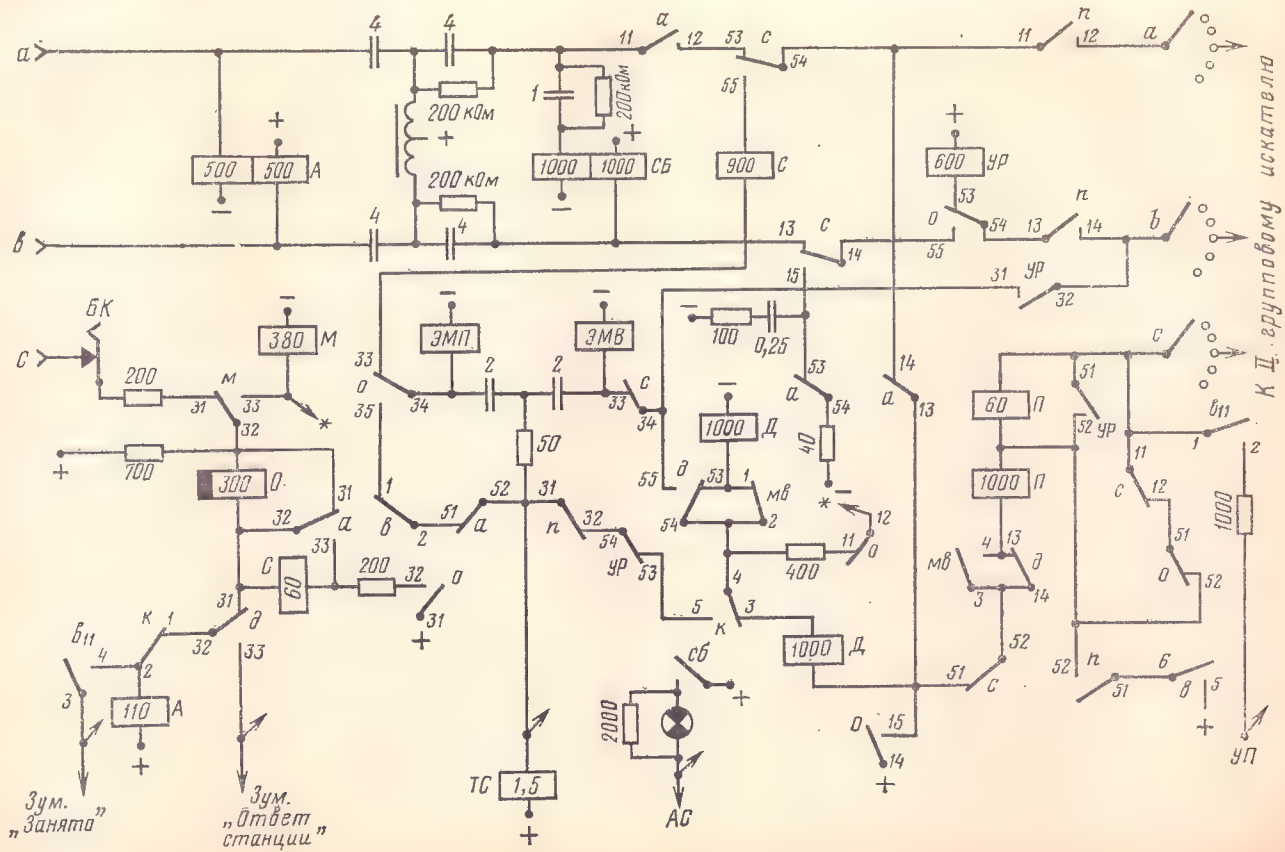


Рис. 5.9. Принципиальная схема *ИГИ*

принимаются и транслируются вторая и последующие серии импульсов в приборы следующих ступеней искания;

осуществляется питание микрофона телефонного аппарата вызывающего абонента постоянным током;

производится обмен линейными сигналами (сигналы ответа вызываемого абонента, отбоя, разъединения) с релейным управляющим комплектом *ЛИ*, освобождение *ПИ* вызывающего абонента после получения сигналов отбоя от обоих абонентов.

Кроме этих главных функций, *ІГИ* выполняет ряд других, связанных с установлением междугородного соединения, с обеспечением действия различных видов сигнализации, учетом телефонной нагрузки и т. п. В рассматриваемой нами упрощенной схеме многие из дополнительных функций исключены.

Назначение реле. Реле управляющего релейного комплекта *ІГИ* выполняют следующие функции.

Реле *А* (абонентское) — питающее и импульсное реле, включенное в шлейф абонентской линии вызывающего абонента. Длительное отпускание этого реле является сигналом отбоя этого абонента. Реле *А* имеет три обмотки сопротивлением 2×500 и 110 Ом.

Реле *О* (отбойное) — срабатывает при занятии *ІГИ* и удерживает до отбоя со стороны вызывающего абонента. Реле *О* — замедленное на отпускание, имеет одну обмотку 300 Ом.

Реле *С* (серийное) — срабатывает при первом импульсе, получаемом реле *А* при наборе первой цифры (т. е. при первом отпускании реле *А*), и удерживает свой якорь в течение всей серии импульсов, отпуская после ее окончания с замедлением, равным 90—120 мс. Реле *С* имеет две обмотки: 60 и 900 Ом.

Реле *Д* (движущее) — работает в пульс-паре с электромагнитом вращения *ЭМВ*, создавая импульсы для вращательного движения ДШИ. Реле *Д* имеет две обмотки по 1000 Ом.

Реле *П* (пробное) — срабатывает на свободном выходе к следующей ступени искания, останавливает вращательное движение ДШИ, блокирует выход от занятия его другими ДШИ, которые устанавливают соединение по тому же направлению. Реле *П* имеет две обмотки: 60 и 1000 Ом.

Реле *УР, СБ* — предназначены для передачи и приема сигналов отбоя между *ІГИ* и *ЛИ*. Реле *УР* имеет одну обмотку 600 Ом, реле *СБ* — две обмотки по 1000 Ом.

Реле *М* в данной учебной схеме предназначено лишь для освобождения *ПИ* абонента *А* при разъединении. Реле *М* имеет обмотку 380 Ом.

В реальных схемах реле *УР, СБ, М* несут и другие функции, которые мы здесь не рассматриваем.

Занятие *ІГИ*. При действии *ПИ* пробно-разделительное реле *Р* подключает абонентскую линию через щетки *a* и *b* и контактное поле *ПИ* к обмоткам реле *А*. Реле *А* срабатывает. Контакт *31—32* реле *А* разомкнется и реле *О-300* теперь окажется включенным в цепь провода *c*, вследствие чего реле *О* сработает. Од-

новременно с этим замкнется контакт *32—33* реле *А*, который зашунтирует обмотку серийного реле *С-60*.

Реле *О* образует цепь для срабатывания реле *Д*:

минус, первая обмотка *Д-1000*, контакт *1—2* группы *мв* и включенный параллельно ему контакт *53—54* реле *Д*, контакт *4—3* группы подъема *к*, вторая обмотка *Д-1000*, контакт *15—14* реле *О*, плюс.

Реле *Д* своим контактом *33—32* замыкает цепь обмотки *А-110* для посылки сигнала «Ответ станции». Стрелочка, направленная вверх, показывает, что к источнику сигнала «Ответ станции» подключены провода от всех *ІГИ*.

Благодаря тому что две другие обмотки реле *А* включены в линию вызывающего абонента, последний слышит тональный сигнал «Ответ станции» и может приступить к набору номера. К этому моменту в схеме *ІГИ* находятся в работе реле *О, А, Д*. Обмотка реле *С-60* замкнута накоротко контактом *32—33* реле *А*.

Набор первой цифры, подъемное движение ДШИ. Абонент начинает набор номера. При возвращении номеронабирателя в исходное положение после набора первой цифры вызываемого номера размыкается и снова замыкается цепь реле *А*. Число размыканий этой цепи и, следовательно, число отпусканий реле *А* соответствуют набранной абонентом цифре.

При первом отпускании реле *А* его контактная группа *31—32—33* приходит в исходное положение, при этом контактом *32—31* обмотка реле *О* замыкается накоротко, а благодаря размыканию контакта *32—33* обмотка *С-60* оказывается включенной в цепь провода *с* и серийное реле срабатывает. При последующих срабатываниях и отпусканиях реле *А* оказываются включенными то реле *О*, то реле С. Однако эти реле не реагируют на кратковременные отпускания и срабатывания реле *А* в ходе передачи серии импульсов. Реле *О* имеет конструктивный замедлитель, и, кроме того, время отпускания этого реле увеличивается благодаря тому, что обмотка его замыкается накоротко при отпускании реле *А* контактом *31—32*. Реле *С* не успевает отпускать при передаче серии импульсов по той же причине — обмотка реле *С* замыкается накоротко при срабатывании реле *А* контактом *32—33*. После того как серия импульсов закончится и реле *А* срабатывает на время набора второй цифры, реле *С* отпустит с замедлением порядка 100 мс. То же будет повторяться при поступлении второй и остальных серий импульсов. Таким образом, реле *С* срабатывает при поступлении первого импульса серии (первого отпускания реле *А*) и отпускает свой якорь через ~ 100 мс после окончания последнего импульса серии. Поэтому реле *С* получило название серийного реле — это реле при наборе номера срабатывает столько раз, сколько цифр абонент набирает.

При каждом отпускании импульсного реле *А* образуется цепь для электромагнита подъема *ЭМП* и щетки ДШИ установятся на уровень декады, соответствующей числу импульсов в первой серии.

Параллельно пульсирующему контакту *52—51* реле *А* подключен искрогасительный контур *RC*. При первом шаге подъема ротор ДШИ переключает контактную группу *к* («головной контакт»). Контактом *2—1* группы *к* обрывается цепь сигнала «Ответ станции» через обмотку *А-110*.

На рис. 5.10 изображен график действия импульсного контакта номеронабирателя, реле *А* и *С* и подъемного электромагнита

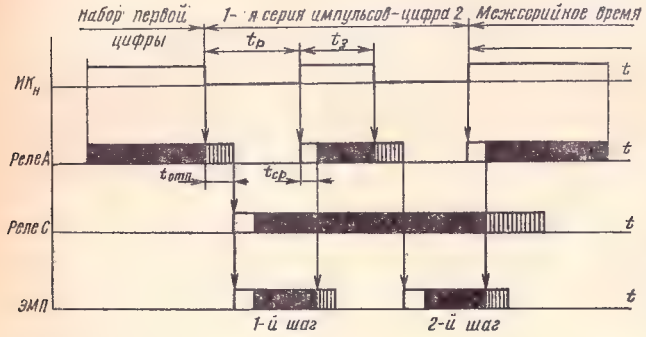


Рис. 5.10 Временна́я диаграмма приема импульсов в схеме *ІГИ*

ДШИ. На этом графике показана последовательность действия этих реле при наборе цифры *2*; $t_р$ и $t_з$ — время размыкания и замыкания импульсного контакта номеронабирателя.

Вращательное движение. После окончания первой серии импульсов реле *С* с замедлением отпускает и контактом *33—34* создается цепь для работы электромагнита вращения *ЭМВ*[1].

Последний срабатывает, и щетки ДШИ устанавливаются на первую ламель (линию) выбранной декады. На якоре электромагнита *ЭМВ* установлена контактная группа *мв*, имеющая четыре пружины и образующая контакт на размыкание *1—2* и контакт на замыкание *3—4*. Поскольку контакт *1—2* при срабатывании *ЭМВ* размыкается, цепь реле *Д* обрывается и оно отпускает. Вследствие этого контактом *55—54* реле *Д* обрывается цепь *ЭМВ*, который также отпустит свой якорь.

Одновременно с этим реле *Д* контактом *54—53* замкнет цепь своей обмотки, но прежде чем оно снова сработает (и, следовательно, разомкнет контакт *54—53*), *ЭМВ* отпустит и через контакт *1—2* группы *мв* реле *Д* будет получать ток до тех пор, пока вторично не сработает *ЭМВ*. Таким образом, образуется пульс-пара, состоящая из реле *Д* и электромагнита вращения *ЭМВ*.

В рассмотренной схеме импульсы для вращательного движения ДШИ создаются за три такта действия схемы, которая по-

[1] Эта цепь, как и некоторые другие, указываемые при дальнейшем описании действия схемы, должна быть прослежена самостоятельно, руководствуясь общими рекомендациями, приведенными на с. 172—173.

этому называется трехтактной схемой. Эта схема обеспечивает скорость вращения ДШИ приблизительно 34—35 шагов в секунду, и минимальное время, потребное на прохождение всей декады, составит примерно 300 мс.

Необходимость такой высокой скорости вращательного движения ДШИ обусловлена величиной «межсерийного» интервала, т. е. промежутка времени между окончанием предыдущей серии и началом последующей серии импульсов. Это время определяется с учетом того, что абонент набирает подряд единицы и, следовательно, время между двумя сериями будет минимальным. Оно принимается равным 600 мс.

Цепи пробы. Искание свободного выхода в требуемом направлении — одна из важнейших и наиболее сложных функций ступеней группового искания. Пробные реле, осуществляющие эту функцию, работают в сложных токовых и временных режимах. Так, в режиме срабатывания реле должно надежно срабатывать при различных сопротивлениях провода *с*. При разработке системы АТСДШ было предусмотрено, что сопротивление провода *с* в зависимости от направления, по которому устанавливается соединение, может быть в пределах 0—700 Ом. Разница между токами срабатывания и несрабатывания получается весьма незначительной и приходится снижать коэффициенты надежности срабатывания и несрабатывания. К тому же режим срабатывания пробного реле утяжеляется из-за ограничения времени пробы.

При вращательном движении пробное реле *П* по очереди подключается к линиям требуемого направления. Когда щетки установятся на ламель, к которой подключена свободная линия к *ЛИ*, образуется цепь для срабатывания реле *П:*

> плюс, контакты *14—15* реле *О*, *51—52* реле *С*, *14—13* реле *Д*, обмотка *П-1000*, обмотка *П-60*, щетка *с*, ламель свободного выхода в требуемой декаде и далее в схему следующей ступени искания, где через реле и резисторы к этой цепи подключен минус.

В этой цепи реле *П* в *ИГИ* сработает и контактом *32—31* разомкнет цепь электромагнита *ЭМВ*, и вращательное движение прекратится.

При первом вращательном шаге ротор ДШИ привел в действие «контактную группу вращения» *в*, в результате чего замкнулся ее контакт *5—6*. После срабатывания реле *П* плюс подается на обмотку *П-60* через контакты *5—6* группы *в* и *51—52* реле *П* и обмотка *П-1000* оказывается зашунтированной. Тем самым линия, на которой остановился *ИГИ*, отмечается занятой. Другое пробное реле, которое подключится при движении своего ДШИ через обмотки *П-1000* и *П-60* к занятой линии, получит недостаточный ток и поэтому не сработает. Контактами *11—12* и *13—14* пробное реле подключает провода *а* и *b* к щеткам *ИГИ*, и, следовательно, разговорные провода проключаются к следующей ступени искания.

Если в данной декаде все выходы окажутся занятыми, то при поступлении 11-го импульса щетки *ІГИ* выйдут за пределы контактного поля. При этом ротор воздействует на контактную группу $в_{11}$. Вследствие замыкания контакта *1—2* этой группы образуется цепь для срабатывания реле *П*, в результате чего щетки *ІГИ* останавливаются за пределами контактного поля в положении *11* ротора ДШИ. На обмотку *А-110* через контакт *4—3* группы $в_{11}$ подается сигнал «Занято». Одновременно в цепь срабатывания реле *П* включается общее для данного статива *ГИ* реле *УП*, которое замыкает цепь электромагнитного счетчика учета потерь. Этот счетчик отсчитывает суммарное число случаев неустановления соединений всеми искателями, установленными на данном стативе, вследствие отсутствия свободных линий во всех задействованных направлениях.

Вызывающий абонент, услышав сигнал «Занято», кладет микротелефонную трубку, вследствие этого отпускает реле *А*. Контактом *31—32* реле *А* зашунтирует обмотку реле *О* и снимет шунт с реле *С*. Реле *О* замедленно отпускает свой якорь, а реле *С* срабатывает. Когда реле *О* отпустит, его контактом *14—15* обрывается цепь реле *П* и затем образуется цепь для срабатывания реле *М*. Последнее своим контактом *31—32* обрывает цепь провода *с*, вследствие чего реле *Р* в *ПИ* отпускает свой якорь и *ПИ* возвращается в исходное положение. Одновременно с образованием цепи реле *М* восстанавливаются цепи срабатывания реле *Д* и *ЭМВ*.

Реле *Д* срабатывает, и вслед за ним — электромагнит *ЭМВ*. Щетки *ІГИ* переходят в 12-е положение, в котором направляющая гребенка, укрепленная на роторе ДШИ, окажется против выреза в направляющем сегменте, вследствие чего ротор упадет вниз и затем под действием спиральной пружины вернется в исходное положение. При переходе в 12-е положение контактные группы *в* и $в_{11}$ придут в начальное положение, а после возврата ротора переключится и контактная группа *к*. Отключатся цепи реле *Д* и *ЭМВ*, и *ІГИ* будет готов к новому занятию.

Набор последующих серий импульсов. Вращательное движение *ІГИ*, как указывалось ранее, происходит за межсерийное время. К моменту поступления от номеронабирателя второй серии импульсов к выходу *ІГИ* подключен вход следующей ступени искания (в нашей учебной схеме — это *ЛИ*), в которой к проводам *а* и *b* подключено двухобмоточное импульсное реле *И*. При поступлении второй серии импульсов реле *А* и *С* в схеме *ІГИ* работают так же, как и при наборе первой цифры. В сторону *ЛИ* передаются по проводу *а* плюсовые, а по проводу *b* минусовые импульсы. Таким же образом будут передаваться импульсы и последующих серий.

Схема линейного искателя (рис. 5.11)

Функции *ЛИ*, назначение реле. Линейные искатели предназначены для установления соединения на последнем участ-

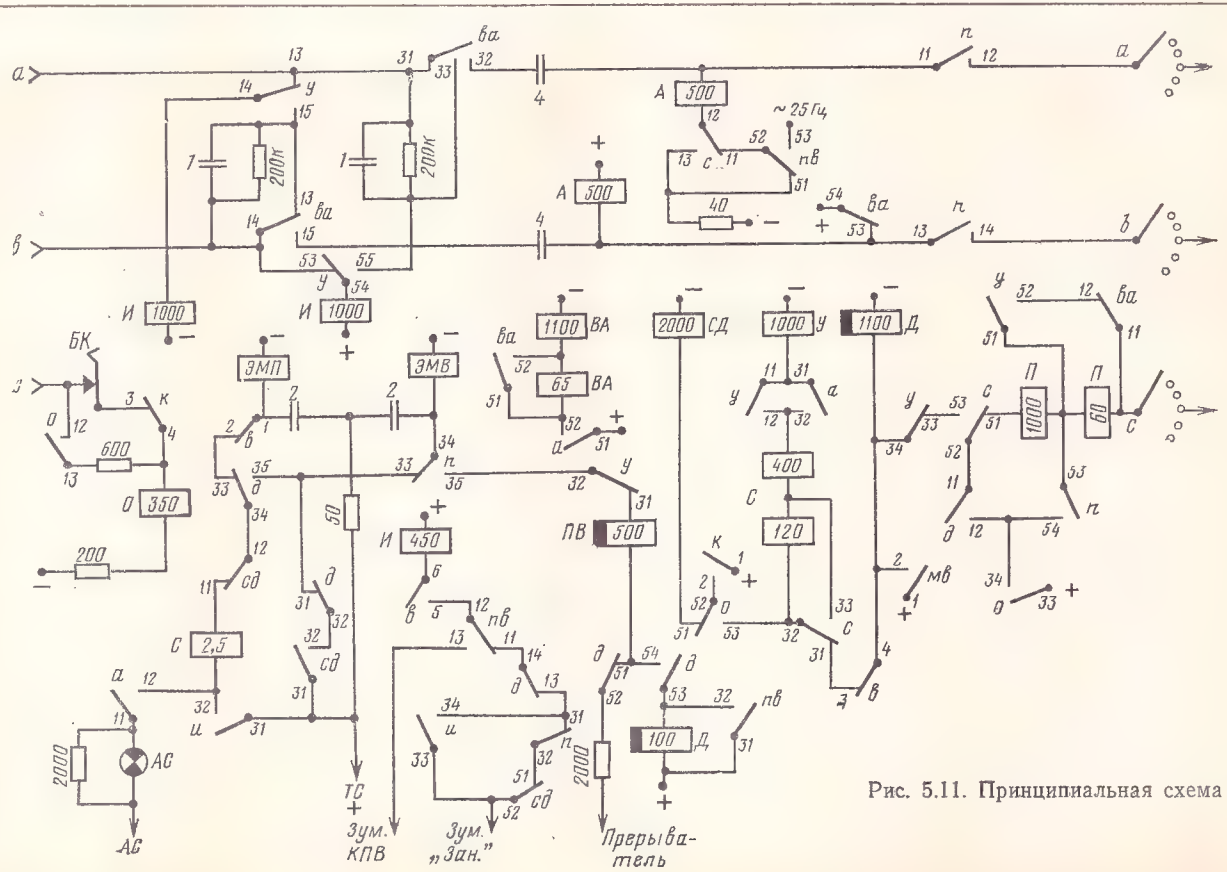


Рис. 5.11. Принципиальная схема *ЛИ*

ке соединительного тракта, т. е. между входами *ЛИ*, обслуживающих выбранную сотенную группу, и линией вызываемого абонента. Линейный искатель состоит из декадно-шагового искателя ДШИ и релейного комплекта, состоящего из 10 реле. В ходе установления соединения *ЛИ* выполняет следующие основные функции:

при занятии входа *ЛИ* одним из искателей последней ступени группового искания подготавливает цепи приема импульсов и подъемного движения ДШИ;

осуществляет подъемное движение ротора *ЛИ* при получении предпоследней серии импульсов и затем вращательное движение при получении последней серии импульсов;

опробует линию вызываемого абонента и в случае ее занятости посылает сигнал «Занято» вызывающему абоненту;

если линия свободна, *ЛИ* блокирует ее от занятия другими *ЛИ* и затем посылает в линию вызываемого абонента первую (кратковременную) посылку вызывного сигнала, а в линию вызывающего абонента — сигнал «Контроль посылки вызова» (КПВ);

посылает периодический вызывной сигнал (с периодичностью — сигнал 1 с, пауза 4 с) и сигнал КПВ;

при ответе вызываемого абонента прекращает посылку вызова и КПВ, устанавливает разговорное соединение и одновременно передает в сторону *ИГИ* сигнал «Ответ абонента»;

осуществляет прием сигнала отбоя со стороны *ИГИ*, передает сигнал отбоя вызываемого абонента в сторону *ИГИ* и освобождает его линию. Последовательность этих сигналов зависит от того, кто из разговаривающих первым даст отбой;

возвращается в исходное положение после отбоя со стороны обоих абонентов.

Кроме указанных главнейших функций, *ЛИ* выполняет ряд функций, связанных с сигнализацией, учетом нагрузки и т. п.

Рассмотрим назначение реле в схеме *ЛИ*.

Реле *А* (абонентское) — питает микрофон вызываемого абонента, является ответным реле, т. е. срабатывает при снятии микротелефона, не срабатывая при прохождении через его обмотку переменного вызывного тока. Реле *А* имеет две обмотки по 500 Ом.

Реле *ВА* (вспомогательное абонентское) — срабатывает и отпускает с замедлением вслед за реле *А*, имеет две обмотки: 65 и 1100 Ом.

Реле *Д* (движущее) работает в пульс-паре с электромагнитом вращения при возвращении *ЛИ* в исходное положение, ограничивает время пробы линии вызываемого абонента. Имеет две обмотки: 1100 и 100 Ом.

Реле *И* (импульсное) — транслирует импульсы, получаемые из *ИГИ*, в подъемный, а затем во вращающий электромагниты. Служит для передачи сигналов «Занято» и сигнала КПВ вызывающему абоненту. Имеет три обмотки: 2×1000 и 450 Ом.

Реле *О* (отбойное) — работает при занятии *ЛИ* и удерживает свой якорь в течение всего времени, пока длится установленное соединение. Отпускает при отбое, создавая цепи возвращения *ЛИ* в исходное положение. Имеет две обмотки: 350 и 200 Ом. Обмотка 200 Ом на учебной схеме не указана.

Реле *П* (пробное) — производит пробу линии вызываемого абонента, срабатывая при ее свободности, и блокирует эту линию от подключения других *ЛИ*. Имеет две обмотки: 1000 и 60 Ом.

Реле *ПВ* (посылки вызова) — обеспечивает посылку первого кратковременного вызывного сигнала и последующих периодических сигналов, имеет одну обмотку 500 Ом.

Реле *С* (серийное) — выполняет обычные функции при получении двух последних серий импульсов, имеет три обмотки: 2,5, 400 и 120 Ом.

Реле *СД* — образует цепи при возвращении *ЛИ* в исходное положение.

Реле *У* (удерживающее) — срабатывает при ответе вызываемого абонента и удерживает до отбоя.

Занятие *ЛИ*, подъемное и вращательное движения. При занятии *ЛИ* одним из искателей ступени *1ГИ* образуется цепь:

плюс, обмотки пробного реле *П-1000* и *П-60*, щетка и ламель в ряду *с*, ДШИ в схеме *1ГИ*, провод *с* входа *ЛИ*, контакты блокировочной кнопки *БК*, *3—4* группы *к*, обмотка *О-350*, резистор сопротивлением 200 Ом, минус.

В этой цепи реле *О* срабатывает.

Первая и вторая обмотки реле *И* подключены к проводам *а* и *b* через контакты *14—13* и *54—53* реле *У*. При поступлении плюсовых импульсов по проводу *а* и минусовых по проводу *b* реле *И* начинает пульсировать и электромагнит подъема получает импульсы тока через обмотку *С-2,5* и контакт *32—31* реле *И*.

Ротор *ЛИ* поднимается на уровень требуемой декады. При первом подъемном шаге переключается группа *к* и последовательно с обмоткой *О-350* включается резистор сопротивлением 600 Ом.

При первом же импульсе срабатывает серийное реле, которое в паузах между импульсами не успеет отпустить, поскольку его вторая обмотка *С-120* замкнется накоротко своим контактом *32—33*. После окончания предпоследней серии импульсов реле *С* отпускает, вследствие чего срабатывает реле *Д* и контактом *34—33* отключит от импульсной цепи электромагнит подъема *ЭМП*, подключая к этой цепи контактом *34—35* электромагнит вращения *ЭМВ*. При поступлении последней серии импульсов реле *И* снова пульсирует, электромагнит вращения *ЭМВ*, получая импульсы тока через контакт *31—32* реле *И*, передвигает щетки до вызываемой линии. Серийное реле *С* снова срабатывает при первом импульсе.

При первом шаге вращения ротор ДШИ привел в действие контактную группу вращения *в*. Реле *Д* продолжает оставаться под током и после вторичного срабатывания реле *С*, поскольку

теперь для его удержания образуется цепь через контакты *34—33* реле *У*, *53—52* реле *С*, *11—12* реле *Д*, *34—33* реле *О*.

Проба линии вызываемого абонента. После окончания последней серии импульсов реле *С* отпускает, вследствие чего замедленно отпустит и реле *Д*. Время отпускания реле *Д* (оно имеет конструктивный замедлитель) приблизительно равно 60 мс. В интервале времени, когда реле *С* уже отпустило, а реле *Д* еще удерживает, образуется цепь для работы пробного реле *П*:

плюс, контакты *33—34* реле *О*, *12—11* реле *Д*, *52—51* реле *С*, обмотка *П-1000*, обмотка *П-60*, щетка *с*, ламель вызываемого абонента в ряду *с* контактного поля *ЛИ*, далее в схеме абонентского комплекта (см. рис. 5.6) провод *с*, обмотка *Р-200*, нулевое положение ряда *с ПИ*, щетка *с*, обмотка *Р-10*, обмотка *Р-800*, нулевое положение ряда *d*, щетка *d*, минус.

Если линия вызываемого абонента занята исходящим соединением, то указанная цепь оборвана в нулевом положении ряда *с ПИ* и реле *П* в *ЛИ* не сработает.

Если линия абонента занята другим линейным искателем, то к проводу *с* подключено реле *П* другого *ЛИ*, 1000-омная обмотка которого замкнута накоротко. Реле *П* пробующего *ЛИ* будет зашунтировано обмоткой 60 Ом другого реле *П* и, естественно, не сработает.

В обоих случаях занятости вызываемой линии вызывающему абоненту посылается сигнал «Занято» путем подключения к третьей обмотке реле *И-450* тонального сигнала «Занято» через контакты *6—5* группы *в*, *12—11* реле *ПВ*, *14—13* реле *Д*, *31—32* реле *П*, *51—52* реле *СД*. Поскольку две другие обмотки реле *И* включены в провода разговорного тракта, абонент слышит сигнал «Занято». Если линия вызываемого абонента свободна, реле *П* срабатывает и своим контактом *53—54* подключает через контакт *34—33* реле *О* к плюсу обмотку *П-60*, блокируя тем самым линию этого абонента от подключения другого *ЛИ*. Контактами *11—12* и *13—14* реле *П* разговорный тракт проключается через щетки *а* и *b ЛИ* к линии вызываемого абонента.

В абонентском комплекте вызываемого абонента срабатывает пробно-разделительное реле *Р*, отключая при этом обмотку линейного реле и резистор с сопротивлением 800 Ом от линии абонента.

Посылка вызова и установление разговорного соединения. После срабатывания реле *П* его контактом *34—35* через контакты *54—53* реле *Д* образуется цепь тока для реле *ПВ*, которое замыкает цепь посылки вызывного сигнала:

источник переменного тока (25 Гц), контакты *53—52* реле *ПВ*, *11—12* реле *С*, обмотка *А-500*, контакт *11—12* реле *П*, щетка и ламель *а ЛИ*, провод *а*, аппарат абонента (цепь проходит через контакт рычажного переключателя, конденсатор и звонок), провод *b*, ламель и щетка *b ЛИ*, контакты *14—13* реле *П*, *53—54* реле *ВА*, плюс.

Второй полюс источника переменного тока соединен с минусом станционной батареи, и, таким образом, цепь переменного тока,

приводящего в действие звонок в телефонном аппарате вызываемого абонента, замыкается через станционную батарею. Ответное реле *А* от переменного тока частотой 25 Гц не срабатывает, поскольку вторая обмотка этого реле *А-500* замкнута накоротко контактом *53—54* реле *ВА*.

Реле *ПВ* своим контактом *32—31* замыкает накоротко обмотку *Д-100*, которое отпускает с замедлением порядка 130 мс. Поскольку при этом реле *Д* контактом *54—53* обрывает цепь реле *ПВ*, последнее отпускает с замедлением порядка 200 мс. Следовательно, реле *ПВ* будет удерживать свой якорь в течение 130+200= =330 мс — такова длительность первого короткого вызывного сигнала, посылаемого в линию вызываемого абонента. После того как реле *Д* отпустит, реле *ПВ* через контакт *51—52* реле *Д* и резистор 2000 Ом подключится к механическому прерывателю, который посылает плюсовые импульсы длительностью 1 с, паузой 4 с. Соответственно этому будет работать и реле *ПВ*, подключая с указанной периодичностью цепь посылки вызова. Одновременно с посылкой вызывного сигнала вызывающему абоненту посылается сигнал КПВ. Для этого к обмотке реле *И-450* через замкнутый контакт *6—5* группы вращения *в* и контакт *12—13* реле *ПВ* подключается тональный сигнал.

Когда вызываемый абонент снимет микротелефонную трубку, рычажный переключатель телефонного аппарата переключится и тем самым будет создана цепь постоянного тока для срабатывания реле *А*.

В результате срабатывания реле *А* его контактом *51—52* будет включена цепь реле *ВА*, а контактом *31—32* будет образована цепь для последовательно включенных обмоток реле *У* и *С*. Все эти реле *ВА, У, С* сработают. Вследствие этого контактом *53—54* реле *ВА* снимается шунт со второй обмотки *А-500* (с плюсом), первая же обмотка *А-500* через контакт *12—13* реле *С* подключается к резистору сопротивлением 40 Ом (с минусом), помимо контакта *52—51* реле *ПВ*. Реле *А*, до сих пор выполнявшее функции ответного реле, теперь начнет выполнять функции питающего реле вызываемого абонента.

Реле *ВА* и *У* обеспечат передачу в сторону *ИГИ* сигнала ответа вызванного абонента, подготовят реле *И* к выполнению им новой функции — передачи и приема сигналов отбоя — и проключат разговорный тракт через схему *ЛИ*. Контакт *13—14* реле *У* отключит от провода *а* обмотку *И-1000* с минусом, а контакт *53—54* этого же реле отключит от провода *b* обмотку *И-1000* с плюсом. Теперь эта обмотка через контакты *54—55* реле *У* и *33—32—31* реле *ВА* (контакт на «двойное замыкание») окажется подключенной на провод *а*. Для сохранения симметрии разговорного тракта к проводу *b* через контакт *14—15* реле *У* подключается обмотка *И-1000* с минусом через конденсатор 1 мкФ и параллельно включенный резистор сопротивлением 200 кОм.

Отключение от провода *а* минуса через *И-1000* и включение плюса через *И-1000* могут быть восприняты в схеме *ИГИ* как сиг-

нал ответа вызываемого абонента. Такой сигнал необходим, например, в том случае, если вызов на *ГИ* поступает от таксофона. Этот сигнал используется для кассирования монеты. Очевидно, *ГИ*, обслуживающие таксофоны, должны иметь дополнительное реле с минусом, подключенное к проводу *а*. Замыканием контактной группы *31—32—33* реле *ВА* проключает провод *а*, контактом *14—15* — провод *b*, и теперь весь разговорный тракт включен, абоненты могут начинать разговор.

После установления разговорного тракта в *ЛИ* находятся в работе реле *О, А, ВА, П, У, С*. Напомним, что в *ГИ* работают реле *А, О, П*, в абонентских комплектах разговаривающих абонентов — реле *Р*.

5.5. РАЗГОВОРНЫЙ ТРАКТ, ОТБОЙ, РАЗЪЕДИНЕНИЕ

После установления соединения между вызывающим и вызываемым абонентами схема разговорного тракта должна обеспечить выполнение следующих основных функций:

питание микрофонов вызывавшего и вызванного абонентов постоянным током;

передачу с заданным качеством разговорных токов;

передачу и прием линейных сигналов между релейными комплектами *ГИ* и *ЛИ*. Схема разговорного тракта приведена на рис. 5.28. Вопросы, связанные с питанием микрофонов и передачей разговорных токов, рассматриваются в последующих разделах этой главы. Здесь мы рассмотрим процессы отбоя, предшествующие разъединению абонентов.

В декадно-шаговых АТС предусмотрена следующая система разъединения разговаривающих абонентов («система отбоя»). Для всех коммутационных приборов, из которых был образован соединительный тракт, предусмотрен двусторонний отбой. Это значит, что коммутационные приборы освобождаются и возвращаются в исходное положение после того, как оба абонента положат свои микротелефонные трубки, «дадут отбой». Для линий вызванного абонента — отбой односторонний. Это значит, что абонентский комплект освобождается и, следовательно, абонент может вызвать и быть вызванным сразу после того, как он дал отбой. Для линии вызывавшего абонента — отбой двусторонний. Это значит, что абонентский комплект освобождается и, следовательно, абонент может снова вызывать и быть вызванным после того, как оба абонента положат свои микротелефонные трубки.

Такая система отбоя дает возможность, задерживая все приборы соединительно тракта (в том числе и *ЛИ*) до отбоя вызванного абонента, выяснить, если это потребуется, номер вызывавшего абонента.

После установления разговорного соединения к проводу *а* в схеме *ЛИ* подключена обмотка реле *И-1000* с плюсом источника постоянного тока, а к проводу *b* в схеме *ГИ* — обмотка реле *СБ-1000* также с плюсом. Таким образом, для обмена сигналами

отбоя (эти сигналы, как и ранее рассмотренный сигнал «Ответ абонента», называют линейными сигналами) могут быть использованы разговорные провода путем подключения к ним в *ГИ* или в *ЛИ* минусовой полярности.

Рассмотрим действие схемы, если первым после окончания разговора дает отбой вызванный абонент.

В схеме *ЛИ* (см. рис. 5.11) прежде всего лишается тока и отпускает реле *А* и вслед за ним, с некоторым замедлением, отпускает реле *ВА*. Реле *У*, через контакты которого *13—14—15* и *53—54—55* подключаются к разговорным проводам обмотки реле *И*, продолжает удерживать свой якорь, поскольку параллельно контакту *31—32* реле *А*, через который реле *У* сработало, имеется контакт *11—12* реле *У*, т. е. реле *У* «заблокировалось» своим собственным контактом.

Вследствие отпускания реле *ВА* обмотка *П-60* оказывается замкнутой накоротко цепочкой, проходящей через контакты *11—12* реле *ВА* и *52—51* реле *У*.

Реле *П* отпускает, и благодаря размыканию своего контакта *53—54* плюс отключается от щетки *с*. В абонентском комплекте вызываемого абонента отпускает реле *Р* и линия этого абонента освобождается. Однако щетки *ЛИ* остаются на ламелях линии абонента до двухстороннего отбоя. В сторону *ГИ* подается сигнал отбоя по цепи:

> минус, обмотка *И-1000*, контакты *14—15* реле *У*, *13—14* реле *ВА*, провод *b* и далее в схеме *ГИ* щетка *b ГИ*, контакты *14—13* реле *П*, *54—55* реле *О*, *14—13* реле *С*, обмотка реле *СБ-1000*, плюс.

В схеме *ЛИ* сработает реле *И*, а в схеме *ГИ* — реле *СБ*. Кроме того, вследствие отпускания *ВА* с провода *а* снимается ранее подключенный плюс через вторую обмотку *И-1000*. В результате этого в схеме *ЛИ* образуется цепь для подключения к обмотке *И-450* сигнала «Занято». Поскольку две другие обмотки реле *И* подключены к проводам *а* и *b*, вызывающий абонент, который еще не дал отбоя, слышит сигнал «Занято», обозначающий окончание разговора. В схеме *ГИ* после срабатывания реле *СБ* его контактом *11—12* замкнется цепь лампы абонентской сигнализации *АС*. Если отбой со стороны вызывавшего абонента будет задержан более чем на 1—2 мин, то сработают реле абонентской сигнализации, вследствие чего загорится лампа *АС* данного *ГИ*, и кроме того, загорится лампа статива, на котором находится этот *ГИ*, и лампа стативного ряда.

Представим теперь, что вызывающий абонент первым даст отбой. В этом случае в *ГИ* отпускает якорь реле *А*, вследствие чего его контактами *31—32—33* снимается шунт с обмотки *С-60* и шунтируется обмотка *О-300*. Реле *О* отпускает свой якорь, а реле *С* срабатывает обмоткой *С-60* и будет удерживать после отпускания реле *О* своей второй обмоткой *С-900*, которая получит ток по цепи:

минус, электромагнит подъема *ЭМП*, контакт *34—33* реле *О*, обмотка *С-900*, контакты *55—54* реле *С*, *11—12* реле *П*, щетка *а*, провод *а* в схему *ЛИ*, провод *а*, контакты *31—32—33* реле *ВА*, *55—54* реле *У*, обмотка *И-1000*, плюс.

До отпускания реле *С ІГИ* и *ПИ* вызывавшего абонента остануться в прежнем положении до получения отбоя со стороны вызванного абонента. В *ЛИ* сработает реле *И*, вследствие чего через обмотку *И-450* будет проходить тональный сигнал «Занято», и так как обмотки реле *И* подключены к разговорным проводам, то вызванный абонент, не давший еще отбоя, услышит сигнал «Занято». Одновременно с этим в схеме *ЛИ* будет включена цепь абонентского сигнала.

Когда вызванный абонент даст отбой, тогда, как было указано ранее, в схеме *ЛИ* отпустят реле *А* и *ВА*, а в схеме *ІГИ* отпустит реле *С*. Вследствие отпускания реле *ВА* образуется цепь:

минус в схеме *ЛИ*, обмотка *И-1000*, контакты *14—15* реле *У*, *13—14* реле *ВА*, провод *b*, щетка *b*, контакты *14—13* реле *П*, *54—53* реле *О*, обмотка реле *УР-600*, плюс.

Реле *УР* в схеме *ІГИ* срабатывает и удерживает через свой контакт. Реле *С* в *ІГИ* отпускает и шунтирует обмотку реле *П-60*. Реле *П* отпускает и отключает провода *а* и *b*. Вслед за этим реле *УР* отпускает, после чего образуется ранее рассмотренная цепь срабатывания реле *М*, которое обрывает цепь работы реле *Р* в комплекте *АК* и освобождает тем самым линию вызывавшего абонента. Возврат *ІГИ* в исходное положение происходит так, как это было описано ранее.

Нам остается рассмотреть, каким образом возвращаются в исходное положение *ЛИ*. Освобождение коммутационных приборов происходит последовательно, начиная с *ІГИ*. Как следует из предыдущего описания, поступление сигналов отбоя от обоих абонентов отмечается в *ІГИ* срабатыванием реле *УР*. Своим контактом *51—52* реле *УР* замыкает накоротко обмотку *П-60*, которое отпускает и снимает положительную полярность со щетки *с* и, следовательно, с провода *с* входа *ЛИ*. Это приводит к обрыву цепи отбойного реле *О* в схеме *ЛИ*. Вследствие размыкания контакта *53—52* реле *О* в схеме *ЛИ* реле *У* и *С* отпускают и создаются цепи для вращательного движения ДШИ в схеме *ЛИ*.

После отпускания реле *О* срабатывает реле *СД* через контакты *51—52* реле *О* и *2—1* группы *к*. Своим контактом *31—32* реле *СД* подключает обмотку электромагнита вращения *ЭМВ*, который срабатывает, передвигает ротор ДШИ на один шаг и контактом *1—2* группы *мв* включает реле *Д*. Это реле, сработав, обрывает в контактах *32—31* реле *Д* цепь *ЭМВ*. Цикл совместной работы *ЭМВ* и *Д* повторяется — они работают в четырехтактной пульс-паре, и ротор ДШИ передвигается по контактному полю.

Скорость вращения ротора при возвращении в исходное положение зависит в основном от времени отпускания реле *Д* и составляет 15—20 шагов в секунду.

После выхода щеток за пределы контактного поля ротор падает вниз и затем возвращается в начальное положение, где переключается группа *к*, после чего линейный искатель готов к новому занятию.

5.6. МЕЖСТАНЦИОННЫЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

На районированных телефонных сетях связь между абонентами, включенными в различные районные телефонные станции, осуществляется через межстанционные соединительные линии одностороннего действия (СЛ). Так, в схеме, приведенной на рис. 5.3. СЛ включаются между выходами ступени *ГИ* АТС2 и входами ступени *ПГИ* АТС3 и между выходами *ГИ* АТС3 и входами *ПГИ* АТС2. Для внутристанционных соединений между ступенями искания в АТСДШ используются трехпроводные линии. По проводам *а* и *b* передаются сигналы управления, линейные и акустические сигналы, разговорные токи. Провод *с* используется для отыскания и занятия свободных линий в требуемых направлениях при установлении соединительного тракта, а также для передачи сигналов разъединения между соседними ступенями искания. И поэтому, когда *ГИ* и *ПГИ* находятся на различных районных станциях, проще всего связывать выход *ГИ* с входом *ПГИ* трехпроводной СЛ. Таким образом, реле *П* в схеме *ГИ* и реле *О* в схеме *ПГИ*, реле *И* ступеней *ГИ* и *ЛИ* в схемах передачи сигналов управления, а также реле *С, СБ, УР* в схемах *ГИ* и опять-таки реле *И* в схеме *ЛИ*, участвующие в передаче линейных сигналов, должны работать либо по цепям, в состав которых входят межстанционные соединительные линии, либо по внутристанционным линиям, сопротивление которых весьма мало (практически его можно принять равным нулю).

Наиболее сложный режим при работе через СЛ имеет пробное реле в схеме *ГИ*. Кроме изменения сопротивления провода *с* от нуля до нескольких сот ом, приходится учитывать то обстоятельство, что потенциалы заземлений на различных районах АТС могут существенно отличаться. Причина этого — наличие токов в земле, вызываемых, главным образом, трамвайными линиями и и линиями электрифицированных железных дорог. Разность потенциалов заземлений, которую следует учитывать при расчетах, принята равной ±6 В. Поэтому если сопротивление провода *с* трехпроводной соединительной линии на каком-либо направлении будет превышать 700 Ом (что соответствует расстоянию примерно 7 км при использовании для СЛ кабеля с жилами диаметром 0,5 мм), то рассчитать пробное реле, хотя бы с минимальными запасами по токовым режимам, не представляется возможным. В этом случае на исходящем конце таких СЛ устанавливают комплекты реле соединительных линий *РСЛ-3/3* (это обозначает *РСЛ* с трехпроводным входом и трехпроводным выходом). При этом максимально допустимое сопротивление провода *с* может быть увеличено до 1500 Ом.

Межстанционная связь может быть осуществлена и по двухпроводным соединительным линиям. Для этого устанавливают как на исходящем, так и на входящем конце соединительных линий комплекты реле двухпроводных соединительных линий для перехода с трехпроводной схемы выхода ступени *ИГИ* на двухпроводную СЛ (исходящий *РСЛ-3/2*) и комплекты для перехода с двухпроводной СЛ на трехпроводный вход ступени *ИГИ* (входящий *РСЛ-2/3*). Теперь по разговорным проводам, в дополнение к сигналам управления и взаимодействия, необходимо передать сигнал занятия линии и сигнал разъединения, по которым реле *О* во *ИГИ* должно в первом случае сработать, а во втором — отпустить. Передача первого из этих сигналов решается сравнительно просто, поскольку занятие входа ко *ИГИ* осуществляется за межсерийное время, когда по проводам *а* и *b* соединительной линии сигналы управления не передаются. Труднее решить задачу передачи сигнала разъединения. Использовать для этого какие-либо полярности, подключаемые к проводам *а* или *b*, невозможно, поскольку эти провода применяются для передачи линейных сигналов.

В применяемых на ГТС комплектах двухпроводных *РСЛ* для передачи сигнала разъединения используется переменный ток частотой 25 Гц и напряжением 80 В.

Исходящий комплект *РСЛ* реализован на трех реле РПН, входящий комплект имеет два реле, дроссель и два конденсатора. Введение этих сложных релейных комплектов в соединительные тракты, естественно, уменьшает надежность действия АТС, особенно из-за случаев непрохождения сигнала разъединения («безотбойность»), однако экономия одного провода на каждую соединительную линию считается достаточным основанием для широкого применения двухпроводных СЛ.

5.7. КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКАДНО-ШАГОВЫХ АТС

Краткие сведения о конструкции оборудования

Оборудование АТСДШ размещается на стативах — металлических конструкциях высотой 2400 мм. Стативы устанавливаются на каркасах из угловой стали, образуя ряды стативов. Длина таких рядов зависит от конфигурации помещения (автозала), предназначенного для коммутационного оборудования.

Большинство приборов устанавливается на съемных платах. Исключение составляют стативы *ПИ*, на которых жестко замонтированы платы с реле абонентских комплектов и платы с предыскателями. Соединение съемных плат со стативным монтажом осуществляется с помощью врубных разъемов: на стативах устанавливается 20- или 30-гнездовая колодка, а на съемных платах — соответствующие им ножевые колодки. Колодки соединяются автоматически при установке съемного прибора на его рабочее место на стативе.

Платы, на которых устанавливаются реле, делаются разных размеров. Большое число схемных элементов (конденсаторы, дроссели), которые невозможно разместить на релейной плате, выносится на монтажную сторону стативов. Релейные платы в некоторых приборах объединяются конструктивно с движущим механизмом ДШИ.

Помимо основных коммутационных приборов, на стативах установлены рамки с индивидуальными предохранителями, испытательными гнездами, блокировочными кнопками, а также общестативное оборудование — плата с сигнальными реле, кронштейн с сигнальными лампами, стативный предохранитель. На стативах АТС-54 установлены также проверочно-подключающие искатели, с помощью которых приборы могут подключаться к автоматической проверочной аппаратуре (АПА).

Ширина стативов различна в зависимости от размеров устанавливаемых на них приборов — от 300 до 580 в АТС-47 и от 335 до 660 в АТС-54. Каркасы стативных рядов устанавливаются на тумбах высотой 200 мм, и, таким образом, общая высота ряда стативов составляет 2600 мм. Над рядами стативов устанавливается металлическая конструкция (рядовые желобы), на которую укладываются соединительные станционные кабели. Отдельные ряды стативов связываются друг с другом «магистральными» желобами.

С лицевой стороны платы реле защищаются от механических повреждений и от запыления съемными чехлами. Контактное поле искателей и сами искатели защищены легкими поворотными щитками. С монтажной стороны стативы защищаются от механических повреждений легкими навесными щитками.

Технические характеристики АТСДШ

При расчете токовых и временных режимов работы реле задаются некоторыми предельными значениями электрических параметров абонентских и соединительных межстанционных линий. Это делают для того, чтобы можно было на большинстве городских телефонных сетей включать подавляющее большинство абонентских и соединительных линий без каких-либо дополнительных устройств, сохраняя при этом необходимые коэффициенты надежности действия.

Если на какой-либо сети часть абонентских или соединительных линий не будет укладываться в предельные параметры, допустимые данной системой, то для таких случаев должны применяться специальные устройства, позволяющие обеспечить удовлетворительное действие АТС при более тяжелых условиях. Для АТС-47, АТС-54 и АТС-54А установлены следующие предельные параметры.

Для абонентских линий

Максимальное сопротивление шлейфа абонентской линии (без телефонного аппарата), Ом:

АТС-47 и АТС-54А	1000
АТС-54	1500
Максимальная емкость линии, мкФ	0,5
Минимальное сопротивление изоляции, кОм:	
АТС-47 и АТС-54	20
АТС-54А	80
Для соединительных линий	
Максимальное сопротивление шлейфа (от *ИГИ* до *ЛИ*), Ом:	
АТС-47 и АТС-54А	3000
АТС-54	4000
Максимально допустимая емкость, мкФ:	
АТС-47	1,3
АТС-54 и АТС-54А	1,6
Минимальное сопротивление изоляции, кОм:	
АТС-47 и АТС-54	100
АТС-54А	150
Для разговорного тракта	
Эффективно пропускаемая полоса частот, Гц	300—3400
Рабочее затухание станционного оборудования на частоте 800 Гц, дБ, не более	1,3
Переходное затухание на частоте 800 Гц, дБ, не менее	70
Устройства электропитания	
Номинальное напряжение источника постоянного тока, В	60
Допустимые колебания напряжения в эксплуатационных условиях, В	58—64
Допустимая разность потенциалов заземления, В	±6
То же, при наличии комплектов *РСЛ*, В	±8
Климатические условия	
Температура в эксплуатационных помещениях, °С	25±10
Относительная влажность, %	45—75

5.8. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ АТС-54 И АТС-54А

Укажем некоторые наиболее существенные особенности и преимущества АТСДШ типа 54 и 54А по сравнению с АТС-47. Такое сравнение в известной степени может выявить направление технического прогресса в системах автоматической коммутации.

1. Применение на ступени предварительного искания искателя ШИ-17 вместо ШИ-11 позволило увеличить доступность пучков линий, связывающих выходы ступени *ПИ* с входами ступени *ИГИ*, с $D = 10$ до $D = 15$. Это приводит к существенному повышению использования приборов *ИГИ* и, следовательно, к уменьшению их числа.

2. Использование в ступени *ПИ* искателя ШИ-17 позволило, кроме того, решить весьма важную и сложную задачу автоматического определения номера вызывающего абонента (АОН). Выяснение номера вызывающего абонента с последующей фиксацией этого номера необходимо для начисления стоимости и предъявления счета абоненту за междугородные разговоры при автомати-

зации междугородной телефонной связи (АМТС). Такое определение должно производиться по запросу, который поступает со стороны устройств АМТС в аппаратуру АОН, и, естественно, сигнал такого запроса должен проходить через *ІГИ, ПИ* и схему абонентского комплекта *АК* вызывающего абонента.

Наиболее просто задача может быть решена, если между *ІГИ* и абонентским комплектом можно будет иметь, кроме провода *a b* и *c*, еще один провод. Искатель *ШИ-17* имеет четырехпроводную коммутацию. По четвертому проводу *d*, кроме сигнала запроса (он передается на частоте 500 Гц), аппаратура АОН передает информацию о номере абонента через схему *ІГИ* в сторону АМТС. Для передачи этой информации используется быстродействующий многочастотный код.

Для возможности передачи сигналов запроса и информации АОН схема *ПИ* и схема *ІГИ* были существенно изменены. Так, в системе АТС-54А (буква «А»в индексе системы означает, что система приспособлена к требованиям АМТС) в приборы *ІГИ* были введены дополнительно реле *СА* и *ВСА*, и сама схема в целом значительно усложнилась.

Схемы АТС-54 не были предназначены для работы с аппаратурой АОН. Однако благодаря тому, что в АТС-54 применен искатель ШИ-17 путем замены приборов *ІГИ* и некоторых незначительных изменений в схемах стативов *ПИ*, возможно АТС-54 приспособить для работы совместно с автоматическими междугородными станциями. Более детально действие аппаратуры АОН и оборудования, устанавливаемого на городских АТС для связи с АМТС, изучается в курсе АМТС.

3. Некоторые схемные изменения, введенные в систему АТС-54, делают ее надежнее системы АТС-47. Особенно это относится к схеме передачи сигналов управления. В АТС-54 приняты также некоторые решения, уменьшающие искажения импульсов набора, передаваемых по соединительным линиям. С этой целью в схеме *ІГИ* введено предварительное подмагничивание обмотки реле *А*, благодаря чему уменьшается время срабатывания реле *А*. В схеме *ІІГИ* введена размагничивающая обмотка реле *И*, благодаря чему уменьшается время отпускания реле *И*.

4. Увеличение дальности действия системы АТС-54 — сопротивления абонентского шлейфа до 1500 Ом (против 1000 Ом в АТС-47) и шлейфа соединительной линии (от *ІГИ* до *ЛИ*) до 4000 Ом вместо 3000 Ом в АТС-47 — имело известное значение для сетей, автоматизация которых велась на базе АТС-54. Если же на телефонной сети имелись уже АТС-47, то, очевидно, соединительные линии межстанционной связи должны рассчитываться по наихудшей, с точки зрения дальности действия, станции. Поэтому в системе АТС-54А, а также в координатной системе АТСК сопротивление шлейфа СЛ и шлейфа абонентской линии установлено таким же, как в АТС-47: абонентской линии — 1000 Ом и соединительной линии — 3000 Ом.

5. Одним из важнейших требований, которым должны удовлетворять коммутационные системы, является максимально возможное снижение затрат труда на обслуживание оборудования. Одной из наиболее трудоемких работ является проверка оборудования и выявление неисправностей и повреждений. Автоматизация проверок оборудования позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы. На АТС-54 (АТС-54А) применяется автоматическая проверочная аппаратура (АПА), позволяющая осуществить проверку основного коммутационного оборудования (за исключением абонентских комплектов). Число стативов, которое может быть проверено с помощью аппаратуры АПА, — 300, что вполне достаточно для АТС емкостью 10 000 номеров. Проверкой охватываются наиболее важные схемные узлы приборов. Повреждения и неисправности, выявленные АПА, фиксируются на цифропечатающем устройстве, где, кроме номера статива и прибора, печатается также двузначный код повреждения или неисправности. Введение АПА позволило уменьшить обслуживающий персонал АТС-54 по сравнению с количеством его на АТС-47.

5.9. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ О РАСЧЕТАХ ОСНОВНЫХ ЦЕПЕЙ АТС

Цепи АТС можно разделить на две категории:

1) основные цепи, выполняющие главные функции и работающие через абонентские и соединительные линии: цепь вызова абонентом станции, цепи питания микрофонов телефонных аппаратов, цепи приема и передачи импульсов набора номера, пробные цепи, цепь посылки вызова абоненту, разговорная цепь;

2) вспомогательные цепи — местные, работающие при постоянных условиях.

Расчет параметров основных цепей представляет известные трудности, так как эти цепи, как правило, работают в сложном электрическом режиме: меняются параметры линий, ограничивается время действия отдельных устройств и т. д.

Методы расчета параметров простых электрических цепей в контактно-релейных схемах, к которым относятся и вспомогательные цепи АТС, рассмотрены в [1, 44]. Здесь будут изложены принципы электрического расчета основных цепей АТС.

Разработка схем автоматических телефонных станций осуществляется на основе технического задания, в котором излагаются все технические и эксплуатационные требования, предъявляемые к отдельным приборам и устройствам АТС.

Из значительного числа требований к коммутационным устройствам, в которых используются различные электромагнитные механизмы, непосредственное отношение к расчету элементов схем имеют следующие требования:

все электромагнитные механизмы должны работать в режимах, обеспечивающих обоснованные коэффициенты надежности действия по току и времени в эксплуатационных условиях;

схема должна устойчиво действовать при изменении в допустимых пределах параметров абонентских и соединительных линий, параметров импульсов номеронабирателя, напряжения источника питания, сопротивлений реле и резисторов, разностей потенциалов заземлителей АТС;

станционный четырехполюсник должен вносить минимальное затухание для разговорных токов и обеспечивать нормальный ток питания микрофонов абонентских аппаратов;

мощность, рассеиваемая электромагнитными механизмами, должна быть в пределах нормы;

в схеме должны предусматриваться меры по устранению искро- и дугообразования в контактах.

При проектировании схем АТС типы коммутационных приборов обычно задаются. Однако реле имеют ряд переменных параметров, подлежащих расчету. В каждом конкретном случае в зависимости от условий работы реле в схеме может потребоваться определение: механической нагрузки на якорь реле в зависимости от числа и типа контактных групп; магнитодвижущих сил МДС срабатывания, несрабатывания, удержания, отпускания; времени срабатывания $t_{ср}$; времени отпускания $t_{отп}$; числа витков обмотки w, сопротивления обмотки R; диаметра провода обмотки d. При расчете параметров основных цепей необходимо учитывать производственные допуски на сопротивления обмоток реле и резисторов. Чтобы обеспечить работу рассчитываемого реле в наиболее тяжелых условиях, следует принимать допуски на величины сопротивлений элементов цепей со знаком плюс при расчете надежности срабатывания и удержания реле и со знаком минус при расчете надежности несрабатывания и отпускания реле.

Кроме того, может потребоваться расчет искрогасительных контуров, дополнительных сопротивлений, замедлителей и других элементов схем.

5.10. ЦЕПЬ ЛИНЕЙНОГО РЕЛЕ

Каждая абонентская линия заканчивается на АТС своим индивидуальным абонентским комплектом, в состав которого входит линейное реле, подключенное к проводам абонентской линии, как это показано на рис. 5.12.

Линейное реле *Л* предназначено для приема сигнала вызова от абонента и должно сработать, когда последний снимает микротелефонную трубку с ТА при вызове АТС. Если по каким-либо причинам абонент не сможет подключиться к станционным устройствам и положит микротелефонную трубку, то линейное реле должно отпустить. Очевидно, в первом случае линейное

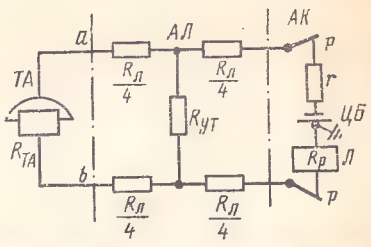


Рис. 5.12. Цепь вызова абонентом станции

реле должно срабатывать через линию с максимальным сопротивлением $R_л$, а во втором случае оно должно отпускать при наличии в его обмотке тока, определяемого величиной сопротивления изоляции (утечки) абонентской линии $R_{ут}$. Параметры линии $R_л$ и $R_{ут}$ задаются техническими требованиями на АТС.

Расчет линейного реле производится с учетом коэффициентов надежности $\kappa_{ср}$ и отпускания $\kappa_{отп}$, а именно:

$$\kappa_{ср} = \frac{Iw}{F_{ср}} > 1 \text{ и } \kappa_{отп} = \frac{F_{отп}}{I_{ут}w} > 1,$$

где $F_{ср}$ и $F_{отп}$ — паспортные МДС срабатывания и отпускания реле; I — минимальный ток, получаемый линейным реле при вызове абонентом АТС; $I_{ут}$ — максимальный ток, получаемый линейным реле через $R_{ут}$ линии после отбоя абонента.

При вызове абонентом АТС линейное реле *Л* должно надежно срабатывать, получая минимальный ток питания и развивая МДС:

$$F_{ср}\kappa_{ср} = Iw = \frac{U_{мин}w}{R_р + R_л + R_{ТА} + r} = \frac{U_{мин}w}{cw^2 + R_л + R_{ТА} + r}, \tag{5.1}$$

где $U_{мин}$ — минимальное напряжение источника питания АТС; $R_р = cw^2$ — сопротивление линейного реле. Коэффициент c определяется в [1]; $R_л$ — максимальное сопротивление абонентской линии для данной системы АТС; $R_{ТА}$ — максимальное сопротивление ТА, принимаемое 300 Ом; r — сопротивление резистора в цепи линейного реле; w — число витков реле *Л*.

Сопротивление утечки не учитывается, так как $R_{ут} \gg R_л$. Из ф-лы (5.1) получаем

$$w = \frac{U_{мин}}{2F_{ср}\kappa_{ср}c} \pm \sqrt{\left(\frac{U_{мин}}{2F_{ср}\kappa_{ср}c}\right)^2 - \frac{R_л + R_{ТА} + r}{c}}. \tag{5.2}$$

Линейное реле должно отпустить при обрыве его цепи контактами разделительного реле *Р*, когда абонентская линия подключается к *ІГИ* или к *ЛИ* (АТСДШ). В этом случае $I=0$. Если же вызывающая абонентская линия не подключилась к *ІГИ* и абонент дает отбой после получения сигнала «Занято», то линейное реле должно отпустить, получая небольшой ток $I_{ут}$, что в исправной линии надежно обеспечивается. В этом случае $I=I_{ут}$ и реле *Л* будет развивать МДС:

$$\frac{F_{отп}}{\kappa_{отп}} = I_{ут}w' = \frac{U_{макс}w'}{R_р + \frac{R_л}{2} + R_{ут} + r} = \frac{U_{макс}w'}{c(w')^2 + \frac{R_л}{2} + R_{ут} + r}, \tag{5.3}$$

где $U_{макс}$ — максимальное напряжение источника питания АТС; w' — витки реле, необходимые для его отпускания при минимальном сопротивлении утечки линии и заданном $\kappa_{отп}$. Из ф-лы (5.3) получим

$$w' = \frac{U_{\text{макс}} k_{\text{отп}}}{2F_{\text{отп}} c} + \sqrt{\left(\frac{U_{\text{макс}} k_{\text{отп}}}{2F_{\text{отп}} c}\right)^2 - \frac{\frac{R_л}{2} + R_{ут} + r}{c}}. \quad (5.4)$$

Так как w должны равняться w', то находят такое число витков, которое удовлетворяло бы ур-ниям (5.3) и (5.4).

Расчет витков обмотки реле производится методом последовательного приближения с подбором коэффициента c для различного заполнения обмоточного пространства и последующей проверки соответствующих коэффициентов запаса.

После этого определяют диаметр проволоки и сопротивление реле, а затем проверяют его на нагрев [1].

5.11. ЦЕПЬ ПИТАЮЩЕГО РЕЛЕ

Микрофон абонентского аппарата получает ток питания через две обмотки питающего реле, входящего в состав шнуровых комплектов АТС. Это реле может подключаться к абонентским линиям различной протяженности. При сопротивлении линии $R_л = 0$ через микрофон проходит максимальный ток, а при $R_л = R_{\text{макс}}$ ток может оказаться недостаточным для возбуждения необходимой ЭДС микрофона. Поэтому для обеспечения нормального режима работы микрофона необходимо, чтобы величина тока питания микрофона при самой короткой и самой длинной линиях находилась в пределах установленной нормы.

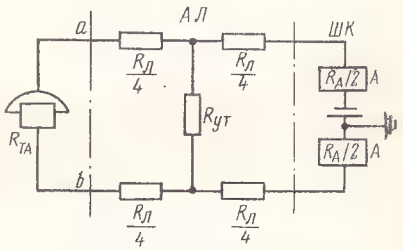


Рис. 5.13. Схема включения питающего реле

В системах АТСДШ питающее реле выполняет также роль импульсного или ответного реле. Совмещение этих функций накладывает дополнительные требования на режим работы питающего реле.

Рассмотрим метод расчета питающего реле в системах АТСК, в которых на питающее реле никаких дополнительных функций не возлагается.

Цепь питающего реле представлена на рис. 5.13. При подключении его к абонентской линии оно должно надежно срабатывать своими обеими обмотками при максимальном сопротивлении линии, обеспечивая нормальный ток питания микрофона, и отпускать после размыкания цепи контактом рычажного переключателя ТА при наличии в цепи питающего реле тока утечки.

Для надежного срабатывания питающее реле должно развивать магнитодвижущую силу, равную

$$F_{\text{ср}} k_{\text{ср}} = I_{0\ \text{мин}} w, \quad (5.5)$$

где $I_{0\text{мин}}$ — ток, проходящий через обмотки реле и равный току питания микрофона при максимальном сопротивлении линии; w — число витков обеих обмоток реле, необходимых для срабатывания реле при максимальном сопротивлении линии и заданном коэффициенте запаса $\kappa_{\text{ср}}$.

Число витков реле, определенное из ур-ния (5.5), обеспечит срабатывание реле на линии с максимальным сопротивлением, однако общее сопротивление цепи питания может отказаться настолько большим, что не будет соблюдено допустимое уменьшение тока питания микрофона.

Потери дальности передачи речи за счет снижения тока питания микрофона выражаются затуханием и могут быть определены по формуле

$$a = \ln \frac{I_{\sim\text{макс}}}{I_{\sim\text{мин}}} = \ln \frac{I_{0\,\text{макс}} m'}{I_{0\,\text{мин}} m''} = \ln \frac{I_{0\,\text{макс}}}{I_{0\,\text{мин}}} \kappa, \qquad (5.6)$$

где $I_{0\text{макс}}$, $I_{\sim\text{макс}}$ и m' — соответственно ток питания, амплитуда переменной составляющей тока и коэффициент модуляции микрофона при $R_{\text{л}}=0$; $I_{0\text{мин}}$, $I_{\sim\text{мин}}$ и m'' — то же, при $R_{\text{л}}=R_{\text{л.макс}}$.

Коэффициент κ представляет собой отношение коэффициентов модуляции и зависит от механических, акустических и электрических свойств микрофона. Для современных микрофонов он примерно равен 0,45.

Из ур-ния (5.6)

$$I_{0\,\text{мин}} = \frac{I_{0\,\text{макс}} \kappa}{e^a}. \qquad (5.7)$$

Подставив $I_{0\text{мин}}$ из ур-ния (5.7) в ур-ние (5.5), получим

$$F_{\text{ср}} \kappa_{\text{ср}} = \frac{I_{0\,\text{макс}}}{e^a} \kappa w = \frac{U_{\text{макс}} \kappa w}{(R_{\text{р}} + R_{\text{ТА}})\, e^a}. \qquad (5.8$$

При этом $R_{\text{л}}=0$, а $R_{\text{ут}}$ бесконечно велико. После подстановки $R_{\text{р}}=cw^2$ в ур-ние (5.8) и решения квадратного уравнения получим

$$w = \frac{U_{\text{макс}} \kappa}{2F_{\text{ср}} \kappa_{\text{ср}} c\, e^a} \pm \sqrt{\left(\frac{U_{\text{макс}} \kappa}{2F_{\text{ср}} \kappa_{\text{ср}} a\, e^a}\right)^2 - \frac{R_{\text{ТА}}}{c}}. \qquad (5.9)$$

Значения затухания a с учетом допустимых пределов изменения тока питания микрофона (12,5—60 мА) может быть принято равным 2,6 дБ. С учетом необходимости размещения дополнительной обмотки для передачи тональных сигналов коэффициент следует определять по [1]

$$c = \frac{\pi \rho \cdot 10^{-3}}{lh' \kappa_{\text{з}}} (D_0 + h'),$$

где $h' = (0{,}10 \div 0{,}15)\, h$, а h — высота намотки для заданного типа реле при 100%-ном заполнении обмоточного пространства катушки. Коэффициент заполнения $\kappa_{\text{з}}$ выбирается в пределах 0,501—0,578.

После проведенного выше расчета необходимо проверить, удовлетворяет ли полученное число витков надежному отпусканию реле при разомкнутой цепи и наличии тока утечки линии. Для этого необходимо, чтобы

$$F_{\text{отп}} \geqslant I_{\text{ут}} w \kappa_{\text{отп}} = \frac{U_{\text{макс}} w}{\left(R_{\text{р}} + \frac{R_{\text{л}}}{2} + R_{\text{ут}}\right) \kappa_{\text{отп}}}. \qquad (5.10)$$

Полное сопротивление питающего реле

$$= \sqrt{R_{\text{р}}^2 + \omega^2 L^2} = \sqrt{c^2 w^4 + \kappa^2 \omega^2 w^4} = w^2 \sqrt{c^2 + \kappa^2 \omega^2}, \qquad (5.11)$$

где $\omega = 2\pi f$. Коэффициенты c и κ определяются по кривым для $f = 1000$ Гц при МДС, изменяющейся от 0 до 300 А [1].

Для обеспечения норм затухания станционного четырехполюсника должны соблюдаться условия, при которых $Z \geqslant 10\,000$ Ом.

Если полученное значение витков удовлетворяет всем перечисленным выше условиям, то далее определяются сопротивление обмотки $R_{\text{р}}$, диаметр провода d, высота намотки h' и допустимая мощность рассеяния.

5.12. ИМПУЛЬСНЫЕ ЦЕПИ

Условия работы импульсных цепей

Импульсные цепи предназначены для приема импульсов набора номера и передачи информации о номере в соответствующие коммутационные приборы или устройства, коммутирующие разговорный тракт.

В зависимости от способа управления коммутационными приборами системы АТС делятся на системы с непосредственным (декадно-шаговые) и косвенным (регистровые) управлением. В декадно-шаговых системах управление установлением соединения происходит в процессе набора номера. В данном случае импульсная цепь должна обеспечивать передачу импульсов набора номера непосредственно в ЭМ искателя (рис. 5.14).

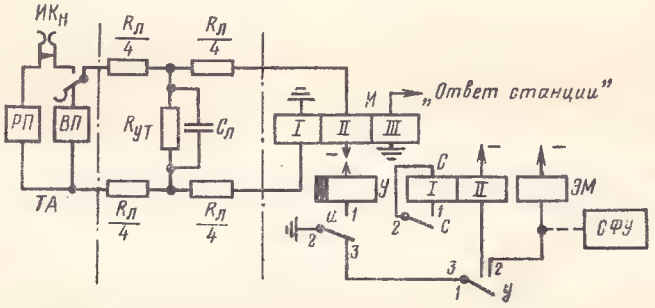


Рис. 5.14. Импульсная цепь

В регистровых системах (координатные АТС) процессы приема импульсов набора номера и управления приборами, коммутирующими разговорный тракт, разделены во времени. При этом импульсная цепь должна обеспечивать передачу импульсов набора номера в счетно-фиксирующее устройство регистра, который затем выдает сигналы в маркеры для управления коммутационными приборами.

Подключение счетно-фиксирующего устройства к импульсной цепи показано на рис. 5.14 пунктиром.

Основным элементом импульсной цепи является импульсное реле *И*, которое включается в абонентскую линию и обеспечивает прием и дальнейшую передачу импульсов набора номера. От качества работы реле *И* зависит правильное установление требуемых соединений. Поэтому изучение импульсных цепей, а также умение рассчитывать отдельные ее элементы имеют существенное значение для повышения качества работы АТС. Сложность расчета реле *И* состоит в том, что к этому реле предъявляются жесткие требования в отношении времени его действия. Временные параметры этого реле ограничены по величине, а так как реле *И* работает на линиях различной протяженности с меняющимися электрическими параметрами, то выполнение этих требований затруднено.

Рассмотрим работу импульсной цепи АТС декадно-шаговой системы. Реле *И1*, принимая импульсы набора номера, передает первую серию в электромагнит *ПГИ* (на схеме не показан), а последующие серии импульсов *И1* транслирует в приборы очередных ступеней искания (*IIГИ, IIIГИ, ..., ЛИ*). Схема трансляции импульсов в *ЭМ IIГИ* показана на рис. 5.15.

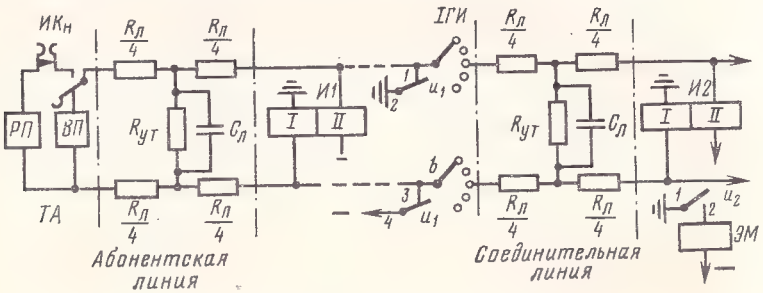


Рис. 5.15. Схема трансляции импульсов

Для правильной работы искателей импульсы набора номера должны поступать в обмотку электромагнита с минимальными искажениями. Рассмотрим последовательность работы элементов импульсной цепи по диаграмме, приведенной на рис. 5.16. На этой диаграмме показаны состояния импульсных контактов номеронабирателя $ИК_н$, контактов импульсного реле *И* и удерживающего реле *У*, а также характер изменения тока в обмотках реле *И* и

электромагнита искателя и магнитного потока в магнитопроводе реле *У* и *С* (см. рис. 5.16).

При наборе цифры 2 цепь реле *И* размыкается 2 раза. При этом в обмотку *ЭМ* искателя поступают два импульса тока и щетки искателя делают два шага.

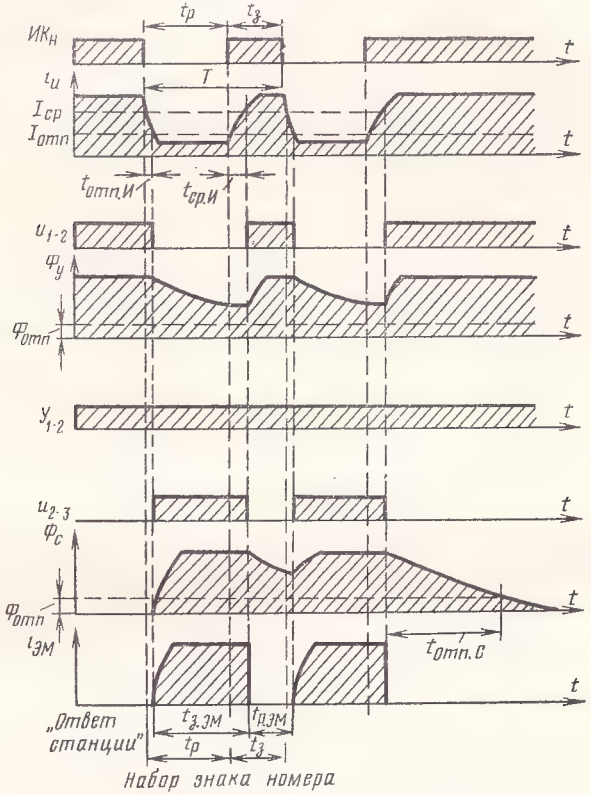


Рис. 5.16. Диаграмма работы импульсной цепи

Длительность поступающих импульсов тока в соответствии с рис. 5.16 будет равна

$$t_{з.эм} = t_р + t_{ср.и} - t_{отп.и} = t_р + \Delta,$$

а длительность интервалов между импульсами тока в обмотке *ЭМ* искателя

$$t_{р.эм} = t_з - t_{ср.и} + t_{отп.и} = t_з - (t_{ср.и} - t_{отп.и}) = t_з - \Delta.$$

Из полученных выражений видно, что $t_{з.эм}$ и $t_{р.эм}$ определяются временны́ми параметрами $ИК_н$ номеронабирателя и зависят от соотношения временны́х параметров реле *И*. Временны́е параметры $ИК_н$ номеронабирателя нормируются. Для надежной рабо-

ты приборов АТС современные номеронабиратели должны удовлетворять требованиям $\kappa = t_р/t_з = 1{,}4 \div 1{,}7$; $f = 10 \pm 1$ имп/с.

Величина $\Delta = t_{ср.и} - t_{отп.и}$ является мерой *абсолютного искажения* длительности импульсов. Если $t_{ср.и} = t_{отп.и}$, то искажения отсутствуют и $\Delta = 0$. Тогда $t_{з.эм} = t_р$; $t_{р.эм} = t_з$ и $\kappa_и = \kappa$. При этом импульсы тока в обмотке *ЭМ* сдвинуты во времени на величину $t = t_{отп.и}$.

Если $t_{ср.и} \neq t_{отп\,и}$, то $\kappa_и = \dfrac{t_{з.эм}}{t_{р.эм}} = \dfrac{t_р + \Delta}{t_з - \Delta}$.

Если $t_{ср.и} > t_{отп.и}$, то $t_{з.эм} > t_р$ и $t_{р.эм} < t_з$, абсолютные искажения Δ положительны, интервал времени между импульсами тока в обмотке *ЭМ* уменьшается. Это может привести к тому, что *ЭМ* искателя в течение паузы не успевает отпустить якорь, а следовательно, соединение правильно установлено не будет.

В случае, когда $t_{ср.и} < t_{отп.и}$, $t_{з.эм} < t_р$ и $t_{р.эм} > t_з$, абсолютные искажения Δ отрицательны, длительность импульсов тока в обмотке *ЭМ* уменьшается. Это может привести к тому, что *ЭМ* искателя не успеет сработать. Зависимость абсолютных искажений Δ от $R_л$ и $R_{ут}$ приведена на рис. 5.17.

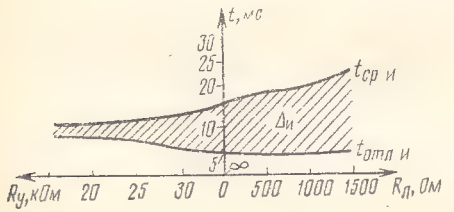


Рис. 5.17. Зависимость искажений импульсов реле *А* от $R_л$ и $R_{ут}$

В состав импульсной цепи входят удерживающее реле *У* и серийное реле *С*, которые в процессе трансляции импульсов набора номера в *ЭМ* искателя работают в неустановившемся режиме. Из схемы на рис. 5.14 и диаграммы на рис. 5.16 видно, что реле *У* должно надежно удерживать якорь при кратковременном размыкании контакта *1—2* реле *И* ($ИК_н$ разомкнут), поэтому магнитный поток в магнитопроводе этого реле с некоторым запасом должен оставаться больше потока отпускания. Реле *У* имеет конструктивный замедлитель, время отпускания его составляет 100—120 мс.

Реле *С* должно надежно сработать при первом замыкании контакта *2—3* реле *И* ($ИК_н$ разомкнут) и надежно удерживать в течение всей серии импульсов. Поэтому магнитный поток в его магнитопроводе в течение времени $t_з$ (контакт *2—3* реле *И* разомкнут) с некоторым запасом должен оставаться больше потока отпускания. Замедление на отпускание создается второй обмоткой этого реле, замыкаемой накоротко контактом *1—2* реле *С*, и равно примерно 100—120 мс.

Импульсы, транслируемые в электромагнит следующей ступени искания, получают дополнительное искажение, вносимое соединительной линией и импульсным реле *И2* на следующей ступени искания (*ШГИ*). Диаграмма работы импульсной цепи при трансляции импульсов набора номера в электромагнит *ШГИ* приведена на рис. 5.18.

В соответствии с диаграммой длительность импульсов тока в обмотке *ЭМ* искателя второй ступени искания

$$t_{з.эм} = t_р + t_{ср.и1} + t_{отп.и2} - t_{отп.и1} - t_{ср.и2} =$$
$$= t_р + (t_{ср.и1} - t_{отп.и1}) - (t_{ср.и2} - t_{отп.и2}) = t_р + \Delta_1 - \Delta_2,$$

а длительность интервалов между импульсами тока

$$t_{р.эм} = t_з + t_{отп.и1} + t_{ср.и2} - t_{ср.и1} - t_{отп.и2} = t_з -$$
$$- (t_{ср.и1} - t_{отп.и1}) + (t_{ср.и2} - t_{отп.и2}) = t_з - \Delta_1 + \Delta_2.$$

Отсюда

$$K_{и2} = \frac{t_{з.эм}}{t_{р.эм}} = \frac{t_р + \Delta_1 - \Delta_2}{t_з - \Delta_1 + \Delta_2} = \frac{t_р + \Delta}{t_з - \Delta},$$

где $\Delta = \Delta_1 - \Delta_2$ характеризует искажение, вносимое в работу электромагнита искателя второй ступени искания.

Величина абсолютных искажений Δ_1 и Δ_2 определяется соответственно параметрами абонентской и соединительной линий.

Если характер искажений, вносимых абонентской и соединительной линиями, различен, т. е. $\Delta_1 > 0$ и $\Delta_2 < 0$ или $\Delta_1 < 0$ и $\Delta_2 > 0$, то общее искажение не равно нулю.

Приведенный выше анализ работы импульсных цепей показывает, что абсолютные искажения определяются временны́ми параметрами импульсных реле, которые, в свою очередь, определяются параметрами линий и зависят от типа реле. Для коррекции абсолютных искажений могут быть применены корректирующие контуры (АТС-54) и дополнительные обмотки импульсных ре-

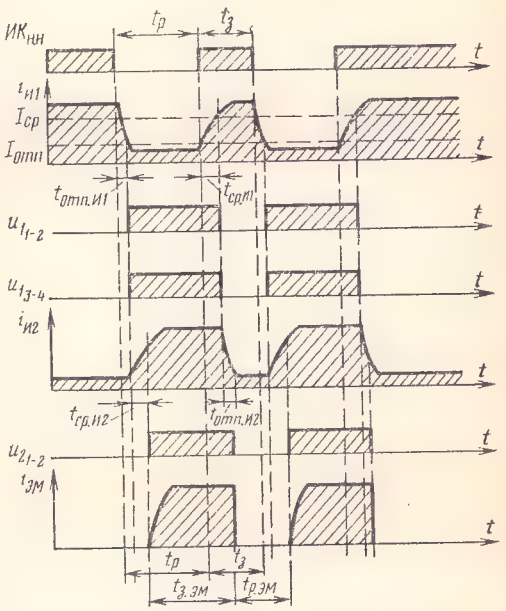


Рис. 5.18. Диаграмма работы импульсной цепи при трансляции импульсов

ле. Дополнительные обмотки обеспечивают небольшое предварительное подмагничивание импульсного реле перед срабатыванием или небольшое предварительное размагничивание перед отпусканием.

Временные параметры импульсных цепей

Импульсные цепи без емкости. На время срабатывания и отпускания импульсного реле, работающего через абонентскую линию, а следовательно, и на искажение импульсного коэффициента наибольшее влияние оказывает сопротивление линии $R_л$ и сопротивление утечки $R_{ут}$. Поэтому вначале рассмотрим работу импульсного реле с учетом только $R_л$ и $R_{ут}$ (рис. 5.19), пренебрегая емкостью линии.

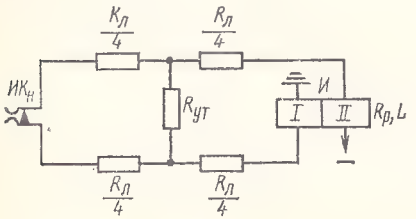


Рис. 5.19. Импульсная цепь без емкости

Дифференциальное уравнение импульсной цепи, изображенной на рис. 5.19, при замыкании импульсного контакта номеронабирателя имеет следующий вид:

$$U = \left(R_р + \frac{R_л}{2}\right) i + \frac{\frac{R_л}{2} R_{ут}}{\frac{R_л}{2} + R_{ут}} i + L \frac{di}{dt}. \qquad (5.12)$$

Обозначим $\frac{R_л}{2} = r$. Тогда

$$U = (R_р + r) i + \frac{r R_{ут}}{r + R_{ут}} i + L \frac{di}{dt} = R'_0 i + L \frac{di}{dt}, \qquad (5.13)$$

где

$$R'_0 = R_р + r + \frac{r R_{ут}}{r + R_{ут}}.$$

Выполнив преобразования Лапласа над ур-нием (5.13), получим уравнение в операторной форме

$$\frac{U}{p} = R'_0 i(p) + pLi(p) - Li(0), \qquad (5.14)$$

так как интегрированию исходной функции в пределах от 0 до t соответствует деление преобразованной функции на p, а преобразованная функция от производной $i(p) = pi(p) - i(0)$, где $i(0)$ — значение функции $i(t)$ при $t = 0$.

Из рис. 5.19 видно, что при $t=0$, т. е. при разомкнутом $ИК_н$,

$$i(0)=\frac{U}{r+R_р+R_{ут}}=\frac{U}{R_0}=I_{ут}, \tag{5.15}$$

где $R_0=r+R_р+R_{ут}$ и $I_{ут}$—ток утечки. Подставляя $i(0)$ из ур-ния (5.15) в ф-лу (5.14), получим

$$i(p)=\frac{\frac{U}{p}+L\frac{U}{R_0}}{R_0'+Lp}=\frac{U}{R_0}\,\frac{Lp+R_0}{(Lp+R_0')p}=\frac{U}{R_0}\,\frac{f(p)}{pF(p)}, \tag{5.16}$$

где $f(p)=Lp+R_0$ и $F(p)=Lp+R'_0$ — полиномы, причем степень $f(p)$ не выше степени $F(p)$ и $F(p)$ не имеет корня, равного нулю.

Определение искомой функции по операционному ур-нию (5.16) можно осуществить, пользуясь теоремой разложения Хевисайда:

$$i(t)=\frac{f(0)}{F(0)}+\sum_{i=1}^{n}\frac{f(p_i)}{p_iF'(p_i)}e^{p_it}. \tag{5.17}$$

Для рассматриваемого случая:

$$i(t)=\frac{f(0)}{F(0)}+\sum_{i=1}^{n}\frac{f(p_1)}{p_1F'(p_1)}e^{p_1t};$$

$$f(p)=R_0+Lp;\ f(0)=R_0;$$

$$F(p)=R_0'+Lp;\ F(0)=R_0';$$

$$F'(p)=L.$$

Характеристическое уравнение $R'_0+Lp=0$. Отсюда $p_1=-\frac{R_0'}{L}$.

Подставляя найденные величины в ур-ние (5.17), получим

$$i(t)=i_з=\frac{U}{R_0}\left[\frac{R_0}{R_0'}+\frac{\left(R_0-L\frac{R_0'}{L}\right)e^{-\frac{R_0'}{L}t}}{-\frac{R_0'L}{L}}\right]=$$

$$=I-(I-I_{ут})e^{-\frac{t}{\tau}}, \tag{5.18}$$

где I — установившееся значение тока в реле $И$; $I_{ут}$ — ток утечки; $\tau=L/R'_0$ — постоянная времени цепи при замкнутом $ИК_н$; L — индуктивность реле $И$ при отпущенном якоре.

Из ур-ния (5.18) видно, что при $t=0$ $i_з=I_{ут}$, а при $t=\infty$ $i_з=I$.

Уравнение (5.18) можно представить в следующем виде:

$$i_з=I\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)+I_{ут}e^{-\frac{t}{\tau}}. \tag{5.19}$$

Диаграмма токов, построенная по этому уравнению, имеет вид, показанный на рис. 5.20.

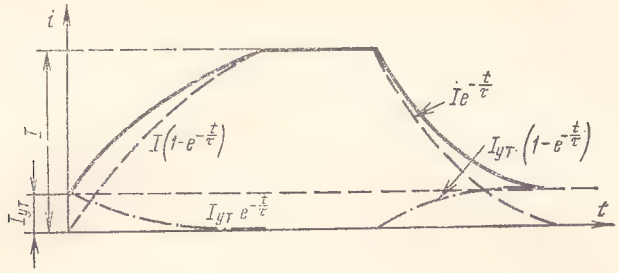


Рис. 5.20. Диаграмма тока в реле *И* при замыкании и размыкании $ИК_в$

Время срабатывания реле *И*. Если ток $i_з$ в обмотке реле *И* достигает тока срабатывания $I_{ср}$, то t будет соответствовать

$$t_{ср} = \tau \ln \frac{I - I_{ут}}{I - I_{ср}} . \qquad (5.20)$$

Если учесть влияние вихревых токов, то это уравнение можно представить в виде

$$t_{ср}(\tau + \tau_в) \ln \frac{I - I_{ут}}{I - I_{ср}} , \qquad (5.21)$$

где $\tau_в$ — постоянная времени вихревых токов. Расчеты по ф-ле (5.21) показывают, что в режиме $U=\text{const}$ $t_{ср}$ находится в прямой зависимости от сопротивления линии $R_л$ и сопротивления утечки $R_{ут}$. При размыкании импульсного контакта $ИК_в$ можем написать

$$U = R_0 i + L_1 \frac{di}{dt} , \qquad (5.22)$$

где $R_0 = R_р + r + R_{ут}$.

Решив это уравнение, получим

$$i_р = I_{ут} - (I_{ут} - I) e^{-\frac{t}{\tau_1}}, \qquad (5.23)$$

где $\tau_1 = L_1/R_0$ — постоянная времени цепи при разомкнутом $ИК_в$; L_1 — индуктивность реле *И* при притянутом якоре.

Из ур-ния (5.23) видно, что при $t=0$ $i_р=I$, а при $t=\infty$ $i_р = I_{ут}$.

Время отпускания реле *И*. Если спадающий ток после размыкания контакта достигнет величины, равной току отпускания ($i_р = I_{отп}$), то

$$t_{отп} = \tau_1 \ln \frac{I - I_{ут}}{I_{отп} - I_{ут}} . \qquad (5.24)$$

С учетом влияния вихревых токов

$$t_{\text{отп}} = (\tau_1 + \tau_в) \ln \frac{I - I_{\text{уп}}}{I_{\text{отп}} - I_{\text{ут}}}. \qquad (5.25)$$

Расчеты по ф-ле (5.25) показывают, что время отпускания реле *И* находится в обратной зависимости от величины сопротивления линии $R_л$ и величины сопротивления утечки $R_{ут}$ (см. рис. 5.20).

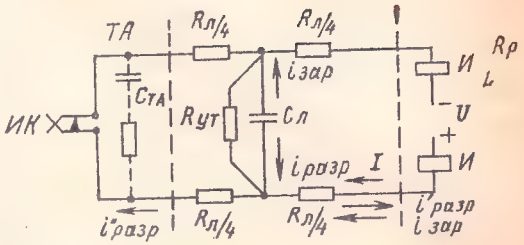


Рис. 5.21. Схема импульсной цепи с учетом емкости абонентской линии

Влияние емкостей линии и ТА на время действия импульсного реле. Рассмотрим влияние емкости линии на время срабатывания импульсного реле (рис. 5.21). В исходном положении перед замыканием $ИК_н$ ток в импульсном реле равен току утечки:

$$i(0) = I_{\text{ут}} = \frac{U}{R_р + \frac{R_л}{2} + R_{\text{ут}}}. \qquad (5.26)$$

При этом емкость линии заряжена до напряжения

$$U_C(0) = U - I_{\text{ут}}\left(R_р + \frac{R_л}{2}\right). \qquad (5.27)$$

Так как сопротивление утечки обычно велико, то ток утечки мал и, пренебрегая им, имеем

$$U_C(0) \approx U.$$

После замыкания $ИК_н$ ток в обмотке импульсного реле нарастает и к концу переходного процесса равен I.
Напряжение на емкости линии при этом равно

$$U_C = U - I\left(R_р + \frac{R_л}{2}\right) \text{ или } U_C < U. \qquad (5.28)$$

Сравнивая выражения (5.27) и (5.28), видим, что $U_C < U_C(0)$. Следовательно, при срабатывании импульсного реле напряжение на емкости линии уменьшается, т. е. емкость линии разряжается. Меньшая часть тока разряда емкости проходит через импульсное реле, а большая часть — через левую половину линии $i''_р \gg i'_р$. В импульсном реле этот ток направлен навстречу основному току и задерживает его нарастание. Таким образом, емкость линии увеличивает время срабатывания импульсного реле, но, поскольку через импульсное реле проходит небольшая часть тока разряда емкости линии, увеличение времени срабатывания незначительно. Поэтому влиянием емкости линии (особенно абонентской, где $C_л \leqslant 0{,}5$ мкФ) на время срабатывания импульсного реле можно пренебречь.

Остановимся на физическом процессе в импульсной цепи при размыкании $ИК_н$, когда импульсное реле отпускает.

В исходном положении перед размыканием $ИК_н$ ток в импульсном реле равен установившемуся значению тока $i(0)=I$. При этом напряжение на емкости линии

$$U_C(0)=U-I(R_р+R_л/2),\ \text{т. е.}\ U_C(0)<U. \tag{5.29}$$

После размыкания $ИК_н$ ток в импульсном реле убывает от значения I до значения $I_{ут}$. Напряжение на емкости линии будет равно

$$U_C=U-I_{ут}\left(R_р+\frac{R_л}{2}\right)\ \text{или}\ U_C\approx U. \tag{5.30}$$

Сравнивая значения напряжений на емкости линии перед размыканием и после замыкания $ИК_н$, видим, что $U_C>U_C(0)$. Следовательно, при размыкании импульсного контакта, когда импульсное реле начинает отпускать, напряжение на емкости линии увеличивается, т. е. емкость линии заряжается. Ток заряда емкости полностью проходит через обмотку импульсного реле и совпадает по направлению с основным убывающим током. Поэтому емкость линии значительно увеличивает время отпускания импульсного реле и этим влиянием нельзя пренебрегать даже в абонентской линии.

Если исследовать импульсную цепь при наличии емкости, то для тока в обмотке реле при размыкании $ИК$ можно получить следующее выражение:

$$i(t)=i_р=I_{ут}+(I-I_{ут})\frac{e^{-\alpha t}}{\sin\delta}\sin(\omega t+\delta). \tag{5.31}$$

Анализируя (5.31), нетрудно сделать вывод, что при убывании тока в импульсном реле имеет место периодический затухающий процесс, где ω — частота колебательного процесса; α — коэффи-

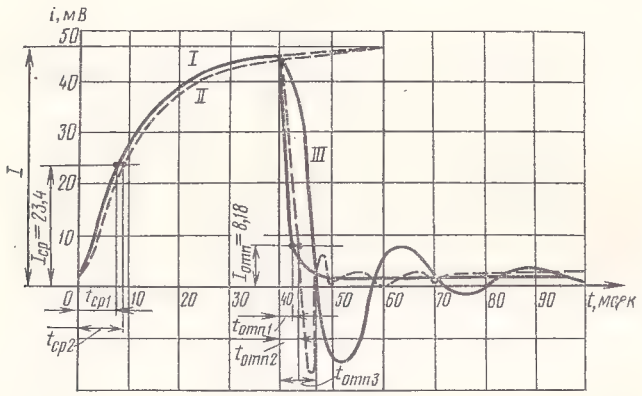


Рис. 5.22. Кривые изменения токов в импульсном реле с учетом емкостей линии и телефонного аппарата

циент затухания колебательного процесса, а δ — начальная фаза этого процесса. Величины ω, α и δ зависят от параметров линии и реле.

В схеме телефонного аппарата имеется значительная емкость искрогасительного контура, равная $C_{ТА}=1$ мкФ. При замыкании $ИК_н$ конденсатор ТА шунтируется и на работу импульсного реле не влияет. При размыкании $ИК_н$ конденсатор $C_{ТА}$ заряжается и ток заряда полностью проходит через обмотки импульсного реле. Учитывая, что $C_{ТА} \gg C_л$, ее влияние на увеличение $t_{отп}$ импульсного реле особенно заметно.

На рис. 5.22 приведены кривые изменения тока в импульсном реле. Кривая *I* соответствует цепи без емкости, кривая *II* учитывает влияние только емкости линии, а кривая *III* соответствует цепи, где имеется емкость линии $C_л$ и емкость в телефонном аппарате $C_{ТА}$.

Принцип расчета импульсного реле

Импульсное реле работает в сложном режиме, так как оно подключается к линиям различной протяженности, обладающим различными электрическими параметрами. В системах АТС с непосредственным управлением расчет импульсного реле осложняется тем, что оно должно выполнять функции питающего реле. Исходными положениями для расчета импульсного реле являются:

допустимая норма абсолютных искажений $\Delta = t_{ср} - t_{отп} = 5 \div 10$ мс;

тип реле (конструкция);

технические условия на абонентскую (соединительную) линию и параметры искрогасительного контура в телефонном аппарате;

зависимость $t_{ср}$ и $t_{отп}$ от электрических параметров импульсной цепи в импульсном режиме.

При расчете импульсного реле:

допускают замену линии с распределенными постоянными эквивалентным четырехполюсником с сосредоточенными параметрами;

считают процесс нарастания или спадания тока в реле *И* к моменту замыкания и размыкания цепи установившимся;

пренебрегают индуктивностью кабельной линии, так как она значительно ниже индуктивности реле

$$L_л \approx 5{,}9 \cdot 10^{-4} \text{ Г/км, а } L_р = 5 \div 15 \text{ Г};$$

считают, что индуктивность реле не изменяется при движении якоря и не зависит от изменения МДС в процессе срабатывания и отпускания реле;

пренебрегают временем движения якоря при срабатывании и отпускании реле, так как для быстродействующих реле, каким является реле *И*, они близки друг к другу, поэтому не могут оказать заметного влияния на величину Δ;

пренебрегают влиянием вихревых токов на время трогания $t_{тр}$.

Ввиду большой сложности расчета импульсного реле с учетом всех элементов импульсной цепи (емкости линии, емкости искрогасителя ТА, емкости и индуктивности станционного четырехполюсника) параметры реле $И$ (число витков, сопротивление обмотки и т. д.) рассчитываются обычно для простейшей схемы (см. рис. 5.19).

Для расчета должны быть заданы коэффициенты надежности на срабатывание и отпускание. При этом нужно учитывать, что для обеспечения более быстрого отпускания якоря реле пластина (штифт) отлипания выбирается несколько большей величины по сравнению с нормальными реле. Для импульсного реле типа РПН толщина пластины отлипания $\delta = 0{,}5 \div 0{,}7$ мм, $(Iw_{сх})$ — МДС, которая создается в обмотке реле при замыкании импульсного контакта номеронабирателя и при наиболее неблагоприятных для срабатывания условиях; $(Iw)'_{сх} = (Iw)_{ут}$ — МДС, которая создается в обмотке реле при размыкании $ИК_{н}$ при наиболее неблагоприятных для отпускания условиях. Эти МДС определяются в основном величиной сопротивления утечки $R_{ут}$.

Зная предельно допустимые сопротивление линии и сопротивление изоляции (утечки) и приняв сопротивление реле равным максимальному сопротивлению линии, можно определить величину установившегося тока I и тока утечки $I_{ут}$. Затем, выразив величину искажений через число витков $\Delta = f(w)$, можно определить число витков обмотки реле. Найдем эту зависимость. Для этого выразим величины $t_{ср}$ и $t_{отп}$ через w. Имея в виду ур-ния (5.20) и (5.24), можем написать:

$$t_{ср} = \tau \ln \frac{I - I_{ут}}{I - I_{ср}} = \tau \ln \frac{Iw - I_{ут}w}{Iw - F_{ср}} = \tau \ln \frac{\kappa_{ср} - \dfrac{I_{ут}w}{F_{ср}}}{\kappa_{ср} - 1}; \quad (5.32)$$

$$\tau = \frac{L}{R'_0} = \frac{\kappa_0 w^2}{cw^2 + r + \dfrac{rR_{ут}}{r + R_{ут}}}, \quad (5.33)$$

где L — индуктивность реле при отпущенном якоре;

$$t_{отп} = \tau_1 \ln \frac{I - I_{ут}}{I_{отп} - I_{ут}} = \tau_1 \ln \frac{Iw - I_{ут}w}{F_{отп} - I_{ут}w} = \tau_1 \ln \frac{\dfrac{Iw}{I_{ут}w} - 1}{\kappa_{отп} - 1}, \quad (5.34)$$

где

$$\tau_1 = \frac{L_1}{R_0} = \frac{\kappa'_0 w^2}{cw^2 + r + R_{ут}}; \quad (5.35)$$

L_1 — индуктивность реле при притянутом якоре.

Следовательно, $\Delta = f(w)$ имеет вид

$$\Delta = t_{ср} - t_{отп} = \frac{\kappa_0 w^2}{cw^2 + r + \frac{rR_{уз}}{rR_{ут}}} \ln \frac{\kappa_{ср} - \frac{I_{ут} w}{F_{ср}}}{\kappa_{ср} - 1} -$$

$$- \frac{\kappa_0' w^2}{w^2 + r + R_{уз}} \ln \frac{\frac{Iw}{I_{ут} w} - 1}{\kappa_{отп} - 1}. \qquad (5.36)$$

Задаваясь рядом значений коэффициента c, соответствующих различным заполнениям обмоточного пространства, можно определить w с последующей проверкой на получение заданных коэффициентов запаса и всех остальных параметров реле. Емкость линии и искрогасительного контура телефонного аппарата, а также емкость станционного четырехполюсника снижают абсолютные искажения, и, следовательно, при работе реле *И* в реальных условиях абсолютные искажения будут меньше заданного для расчета значения Δ. Это значит, что расчет реле *И* можно вести без учета этих емкостей.

5.13. ПРОБНЫЕ ЦЕПИ

Общие положения. В управляющих устройствах АТС весьма важную роль играют пробные цепи, которые предназначены для пробы: линий (выходов) к последующей ступени искания при свободном искании; абонентских линий на ступени обратного предыскания; линии вызываемого абонента после выбора этой линии на ступенях линейного или абонентского искания.

При свободном искании проба линий может осуществляться двумя способами — поочередно или одновременно. Поочередная проба осуществляется на ступенях группового искания АТС с электромеханическими искателями путем последовательного опробования одним реле группы линий одного направления. Такой же способ пробы используется и на ступенях предыскания в этих системах АТС. Для поочередной пробы требуется значительное время, но пробное устройство состоит лишь из одного реле. Одновременная проба группы линий осуществляется в маркерах координатных АТС с помощью пробного устройства, имеющего число реле, равное количеству пробуемых линий. Применение одновременной пробы значительно уменьшает время занятия общих управляющих устройств — маркеров.

Условия работы пробных цепей при свободном искании в АТСДШ являются сложными, так как проба линий выполняется при высокой скорости движения щеток искателей, и время, предоставляемое для пробы, называется временем пробы ($t_{пр}$) и составляет 15—20 мс. За это время ток, как правило, не успевает достигнуть установившегося значения. Такой режим работы проб-

ных цепей называют динамическим. На ступени *ЛИ* АТСДШ проба вызываемой линии производится после остановки щеток *ЛИ* и предоставляется большое время для пробы. Такой режим называют статическим.

В координатных системах АТС время пробы ограничивается в маркерах схемными способами, но режим работы пробных цепей менее сложный, чем в АТСДШ.

При построении пробных цепей придерживаются следующих принципов.

1. В АТС с электромеханическими искателями при трехпроводных ступенях искания пробные цепи осуществляются по проводу *с*. Внешняя часть пробной цепи находится в испытуемом приборе (искателе, *АК* или *РСЛ*) и состоит из реле и резисторов. Реле во внешней части пробной цепи необходимо для занятия прибора. Индуктивность этого реле увеличивает время срабатывания пробного реле и снижает надежность его срабатывания по времени.

В координатных системах АТС для каждого выхода на ступени искания используется не менее четырех проводов, и занятие прибора к следующей ступени искания осуществляется по отдельному проводу. Поэтому во внешней части пробной цепи находится только резистор.

2. Внутренняя часть пробной цепи имеет две обмотки реле (низкоомную и высокоомную) или низкоомную обмотку реле и высокоомное активное сопротивление (резистор). Такое построение цепи пробы позволяет обеспечить блокировку занятой линии путем шунтирования пробующего реле малоомной обмоткой ранее сработавшего пробного реле.

3. Для большой надежности несрабатывания пробного реле при пробе занятой или неисправной линии желательно применять блокировку таких линий обрывом пробной цепи. Для этого во внешней части пробной цепи включают головной контакт вертикали МКС, блокирующую кнопку *БК* или контакт реле занятия релейного комплекта.

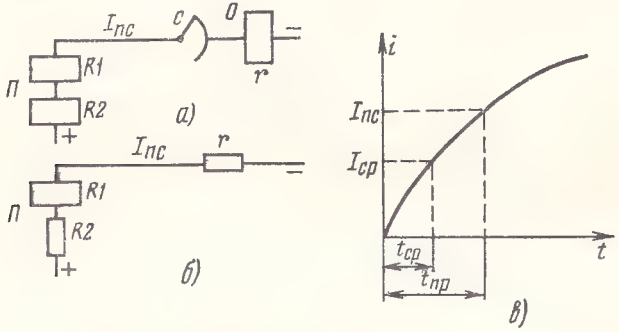


Рис. 5.23. Проба свободной линии:
а) и *б)* виды пробных цепей; *в)* кривая нарастания тока в пробном реле

К пробным цепям в системах АТС предъявляются следующие основные требования: срабатывание пробного реле при пробе свободной линии; несрабатывание при пробе занятой или неисправной линии; несрабатывание при параллельной пробе двумя искателями или маркерами свободной линии; удержание соединения при пробе занятой линии другим искателем или маркером.

Срабатывание пробного реле при пробе свободной линии. Цепь пробы свободной линии и кривая нарастания тока в пробном реле показаны на рис. 5.23. При пробе свободной линии минимальный ток, получаемый пробным реле в конце времени пробы, равен

$$I_{\text{п.с}} = \frac{U_{\text{мин}}}{R_1 + R_2 + r},$$

где R_1+R_2 — максимальное сопротивление внутренней части пробной цепи; r — максимальное сопротивление внешней части пробной цепи.

Коэффициент надежности срабатывания по току

$$\kappa_{\text{ср}} = I_{\text{п.с}} / I_{\text{ср}} > 1, \qquad (5.37)$$

где $I_{\text{ср}}$ — паспортный ток срабатывания пробного реле. При расчете величины $I_{\text{п.с}}$ считаем, что ток за время пробы успевает установиться. В системах АТСДШ для ступеней свободного искания, где имеет место динамический режим, величина $\kappa_{\text{ср}}$ будет немного меньше рассчитанной.

При ограниченном времени пробы необходимо обеспечить надежное срабатывание пробного реле в пределах отведенного для пробы времени $t_{\text{пр}}$. Степень выполнения этого требования характеризуется коэффициентом надежности срабатывания пробного реле по времени

$$\kappa_t = t_{\text{пр}} / t_{\text{ср}} > 1. \qquad (5.38)$$

Коэффициент надежности κ_t можно увеличить путем уменьшения времени срабатывания пробного реле, которое без учета влияния вихревых токов и движения якоря равно

$$t_{\text{ср}} = \frac{L_1 + L_2 + L}{R_1 + R_2 + r} \ln \frac{\kappa_{\text{ср}}}{\kappa_{\text{ср}} - 1},$$

где R_1, R_2 и L_1, L_2 — сопротивления и индуктивности обмоток пробного реле; r и L — сопротивление и индуктивность внешней части цепи пробы. Из указанного выражения видно, что для уменьшения $t_{\text{ср}}$ нужно снижать индуктивность внешней части цепи и повышать коэффициент надежности срабатывания пробного реле по току $\kappa_{\text{ср}}$. Индуктивность L можно уменьшить либо включением резистора вместо реле, либо применением во внешнем реле короткозамкнутой обмотки. Первый способ применяется в АТСК, где используются отдельные цепи для пробы и занятия, а второй — в АТСДШ. На рис. 5.24 показаны пробные цепи, имеющие одинаковые сопротивления постоянному току, но различные индуктивности. Возни-

кающая в индуктивности ЭДС препятствует нарастанию тока. Поэтому с уменьшением индуктивности ток нарастает быстрее и время срабатывания пробного реле уменьшается.

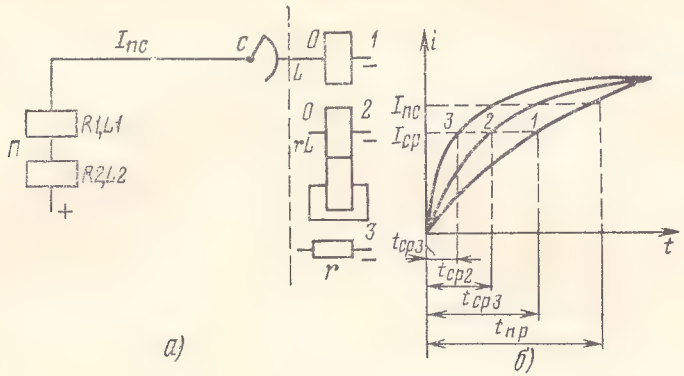


Рис. 5.24. Пробные цепи с различными внешними элементами (*а*) и кривые нарастания тока в пробном реле (*б*)

Несрабатывание пробного реле при пробе занятой линии. Цепь пробы занятой линии показана на рис. 5.25. Блокировка занятой или неисправной линии может осуществляться двумя способами: шунтированием пробующего реле малоомной обмоткой пробного реле, ранее занявшего линию (рис. 5.25*а*), или обрывом цепи пробующего реле нажатием блокирующей кнопки *БК* (рис. 5.25*б*). Обрыв цепи пробы занятой линии в

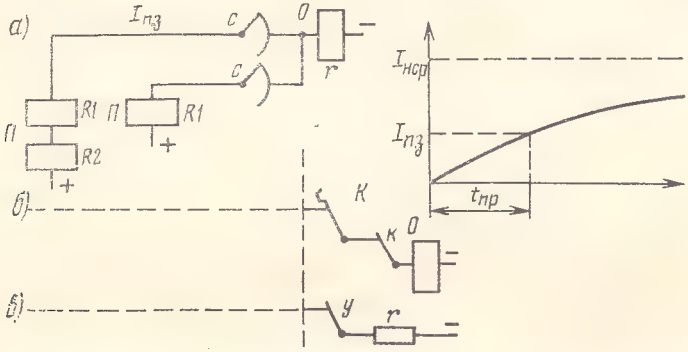


Рис. 5.25. Проба занятой линии

АТСК осуществляется головным контактом *у* вертикали МКС или контактом реле в *ШК* и *РСЛ* (рис. 5.25*в*).

Для несрабатывания реле при пробе занятой линии необходимо, чтобы максимальный ток, получаемый пробным реле, $I_{п.з}$ был

меньше паспортного тока несрабатывания реле $I_{в\,ср}$. Коэффициент надежности несрабатывания пробного реле при пробе занятой линии равен

$$\kappa_{нср} = I_{нср}/I_{п.з} > 1. \qquad (5.39)$$

Из рис. 5.25 видно, что

$$I_{п.з} = \frac{U_{макс}}{r + \dfrac{(R_1 + R_2)\,R_1}{2R_1 + R_2}} \cdot \frac{R_1}{2R_1 + R_2}. \qquad (5.40)$$

С целью увеличения $\kappa_{н\,ср}$ необходимо повышать внешнее сопротивление. Чтобы это не привело к уменьшению $\kappa_{ср}$, внешнее сопротивление увеличивают после занятия линии путем включения добавочной обмотки или резистора. При осуществлении блокировки занятой линии обрывом пробной цепи $I_{п.з}=0$. В этом случае $\kappa_{н\,ср}=\infty$. Если за время пробы ток не успеет установиться, то действительное значение $\kappa_{н\,ср}$ будет больше рассчитанного. Следовательно, при динамическом режиме улучшаются условия несрабатывания пробного реле.

Несрабатывание пробного реле при параллельной пробе свободной линии. При действии оборудования АТС возможны редкие случаи, когда два искателя или маркера параллельно пробуют одну и ту же свободную линию. Чтобы избежать двойного соединения, оба пробующих реле не должны сработать (рис. 5.26). Коэффициентом надежности несрабатыва-

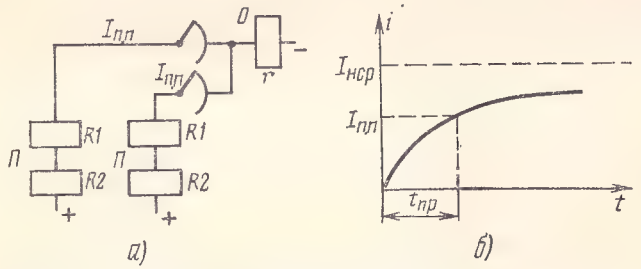


Рис. 5.26. Параллельная проба свободной линии:
а) пробная цепь; *б*) кривая нарастания тока в пробном реле

ния при параллельной пробе служит отношение паспортного тока несрабатывания $I_{в\,ср}$ к максимальному току в цепи пробного реле при параллельной пробе $I_{п.п}$:

$$\kappa_{нср} = I_{нср}/I_{п.п} > 1. \qquad (5.41)$$

Из рис. 5.26 следует, что

$$I_{п.п} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{макс}}{r + \dfrac{R_1 + R_2}{2}}.$$

При расчете учитывают отрицательные производственные допуски для всех сопротивлений с целью получения наибольшего значения $I_{\text{п.п}}$. Для увеличения $\kappa_{\text{н ср}}$ нужно повышать внешнее сопротивление, но это уменьшает коэффициент надежности срабатывания пробного реле $\kappa_{\text{ср}}$. Следовательно, обеспечить соотношение $I_{\text{п.п}} < I_{\text{н ср}}$ в системах АТСДШ и АТСК трудно. Поэтому для устранения срабатывания пробных реле в случае параллельной пробы ограничивают время пробы $t_{\text{пр}}$. Поскольку при параллельной пробе каждое реле получает меньший ток, чем при одинарной пробе, время срабатывания реле при параллельной пробе увеличивается. Для того чтобы реле не сработало, $t_{\text{ср}}$ должно быть больше времени пробы. Таким образом, необходимо обеспечивать $t_{\text{ср}\,1} < t_{\text{пр}}$ и $t_{\text{ср}\,2} > t_{\text{пр}}$ при пробе свободной линии одним реле и двумя при параллельной пробе соответственно. Выполнение указанных требований в некоторых случаях не обеспечивается вследствие большого разброса временных параметров. Поэтому в маркерах ступени *ГИ* системы АТСК несрабатывание пробных реле при параллельной пробе обеспечивается схемными решениями, ограничивающими время пробы.

Удержание сработавшего пробного реле при пробе занятой линии другим пробным реле. Если занятую линию пробует другой искатель или маркер, то ток в пробном реле, занявшем эту линию, несколько снижается (рис. 5.27).

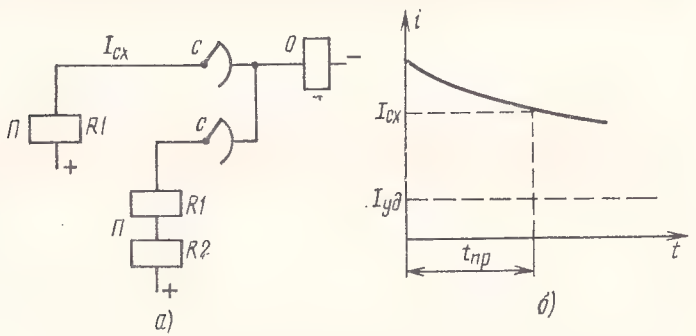


Рис. 5.27. Проба искателем занятой линии:
а) пробная цепь; *б)* кривая убывания тока в пробном реле первого искателя

Однако пробное реле не должно отпустить. Для этого необходимо, чтобы ток, получаемый реле $I_{\text{сх}}$, был больше паспортного тока удержания $I_{\text{уд}}$. Отношение этих токов представляет собою коэффициент надежности удержания при пробе занятой линии другим пробным реле $\kappa_{\text{уд}} = I_{\text{сх}}/I_{\text{уд}} > 1$. Коэффициент $\kappa_{\text{уд}}$ должен быть больше единицы, что обычно нетрудно обеспечить.

Одновременная проба осуществляется в пробных устройствах маркеров АТСК, где число реле соответствует количеству одновременно пробуемых линий. При этом могут сработать несколько или

даже все пробные реле в зависимости от состояния линий. Однако обеспечивается цепь удержания лишь для одного из сработавших пробных реле. Остальные реле отпускают.

5.14. РАЗГОВОРНЫЕ ЦЕПИ

Общие требования к разговорному тракту

В любой системе телефонной связи должна обеспечиваться высококачественная передача речи в заданном диапазоне частот. Поэтому станционные четырехполюсники, обеспечивающие питание микрофонов телефонных аппаратов, должны быть симметричными и иметь малое рабочее затухание. Контакты реле и искателей, образующие разговорную цепь, должны иметь низкое сопротивление и быть стабильными.

В системах АТСДШ (АТС-47, АТС-54) к станционным четырехполюсникам предъявляются дополнительные требования. Они должны обеспечивать устойчивое действие импульсных цепей и надежную передачу по разговорному тракту сигналов управления линейных и акустических.

Для выполнения указанных выше требований при построении схем станционных четырехполюсников необходимо соблюдать следующие условия:

элементы схемы, включаемые между разговорными проводами, должны иметь большое сопротивление токам разговорных частот, т. е. соответствующие реле должны иметь высокую индуктивность;

конденсаторы, включаемые последовательно в разговорные провода для разделения цепей питания микрофонов телефонных аппаратов, должны быть порядка нескольких микрофарад (2—4 мкФ), что позволяет уменьшить рабочее затухание станционного четырехполюсника;

реле и другие элементы схемы, подключаемые к разговорным проводам, не должны нарушать симметрию разговорного тракта, что в противном случае приводит к снижению переходного затухания, появлению переходных разговоров и помех.

На рис. 5.28 приведена схема разговорного тракта АТС-47, из которой видно, что микрофон телефонного аппарата вызывающего

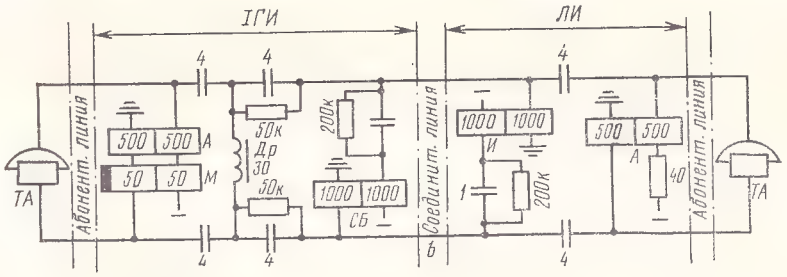


Рис. 5.28. Схема разговорного тракта АТС-47

абонента получает питание через симметричные полуобмотки реле *А* и полуобмотки реле *М*. К проводу *b* в *ІГИ* подключено сигнальное реле *СБ*. В провод *а* для симметрии включена такая же обмотка этого реле последовательно с конденсатором 1 мкФ. Введение конденсатора указанной емкости не нарушает симметрии, так как его сопротивление намного меньше полного сопротивления обмотки реле *СБ*. В линейном искателе между разговорными проводами симметрично включены полуобмотки реле *И*. Питающие реле *А* отделены от сигнальных реле и соединительной линии конденсаторами емкостью 4 мкФ. Таким образом, схема разговорного тракта полностью симметрична.

На рис. 5.29 приведена схема разговорного тракта АТС-54, которая построена аналогично системе АТС-47. Дроссель корректи-

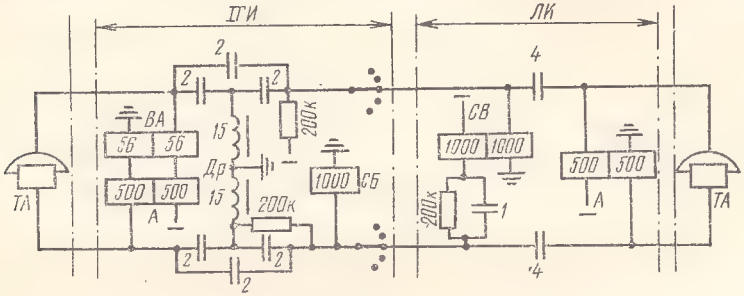


Рис. 5.29. Схема разговорного тракта АТС-54

рующего контура представляет собой две симметрично включенные обмотки с заземлением средней точки. Благодаря заземлению средней точки дросселя сопротивление дросселя оказывается незначительным для токов помех, вызванных *продольной* асимметрией разговорной цепи, так как эти токи создают в нем магнитные потоки противоположного направления. Поэтому для токов помех индуктивность дросселя практически равна нулю. Такое включение дросселя, называемое принудительным симметрированием, позволяет в несколько раз снизить величину асимметрии и включить сигнальное реле *СБ* в разговорный тракт несимметрично. В схеме *ЛИ* реле *СВ* включено симметрично.

Последовательное включение обмоток реле *А* и *М* (см. рис. 5.28) или обмоток реле *А* и *ВА* (см. рис. 5.29) не оказывает влияния на рабочее и переходное затухание разговорного тракта, так как обмотки реле *М* и *ВА* включены дифференциально.

Обтекание контактов разговорного тракта постоянным током

Разговорный тракт содержит значительное число контактов реле и контактов «щетка—ламель» искателей, участвующих в соединении. Сопротивление контактов реле мало и вполне стабильно. Скользящие контакты искателей «щетка—ламель», в которых при-

менены неблагородные металлы (сталь — латунь, бронза—латунь и др.), в процессе эксплуатации изменяют свое сопротивление. Иногда это сопротивление может настолько увеличиться, что приведет к полному обрыву цепи.

Изменение сопротивления скользящих контактов в процессе эксплуатации происходит благодаря загрязнению и окислению контактных поверхностей. Окислы создают тонкий, плохо проводящий слой. Проводимость образующихся на поверхности контактов слоев находится в обратной зависимости от величины удельного контактного давления. При малом удельном давлении переходное сопротивление контакта для разговорных токов нестабильно и изменяется в широких пределах от всевозможных случайных причин, а также под влиянием сотрясений, вызываемых движением соседних искателей.

Изменяющееся сопротивление контактов в процессе разговора вызывает шумы и треск. Исследованиями установлено, что пропускание постоянного тока через контакты, включенные в разговорные цепи, снижает и стабилизирует переходное сопротивление контактов и в значительной степени устраняет возникновение шумов во время разговора. Благоприятное действие обтекания контактов постоянным током объясняется тем, что прикладываемое к контакту напряжение постоянного тока пробивает плохо проводящий слой окислов и уменьшает сопротивление контакта для разговорных токов.

Контакты коммутационных приборов, образующих разговорный тракт на участках от питающих реле до телефонных аппаратов, всегда обтекаются током питания микрофонов, поэтому никаких дополнительных мер не требуется.

Для обтекания постоянным током контактов на остальных участках разговорного тракта разделительные конденсаторы и конденсаторы в цепях сигнальных реле шунтируются высокоомными сопротивлениями (более 50 кОм). Токи обтекания контактов очень малы — порядка 0,15—0,25 мА, однако эти токи вполне достаточны, чтобы стабилизировать сопротивление контактов для разговорных токов. В пределах станции напряжение шумов не должно превышать 2 мВ.

Затухание станционного четырехполюсника

На рис. 5.30 показана схема разговорного тракта координатной АТС 100/2000. Для этой системы АТС станционный четырехполюсник имеет наиболее простую схему, так как никаких дополнительных функций, кроме обеспечения питания микрофонов телефонных аппаратов и передачи речи, на него не возлагается.

Станционный четырехполюсник вносит в разговорный тракт затухание $a_{вн}$, которое определяется как половина натурального логарифма отношения модуля полной мощности в приемнике, присоединенном непосредственно к генератору, к модулю полной мощ-

ности в том же приемнике, присоединенном к генератору через четырехполюсник:

$$a_{вн} = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{P_1}{P^2} \right|, \qquad (5.42)$$

где P_1 — полная мощность в приемнике, присоединенном непосредственно к генератору:

$$P_1 = \left| \frac{E^2 Z_{аб2}}{(Z_{аб1} + Z_{аб2})^2} \right|;$$

P_2 — полная мощность в том же приемнике, присоединенном к генератору через четырехполюсник:

$$P_2 = I_2^2 Z_{аб2};$$

$Z_{аб1}$, $Z_{аб2}$ — входные сопротивления первой и второй абонентских линий соответственно, считая от зажимов станционного четырехполюсника.

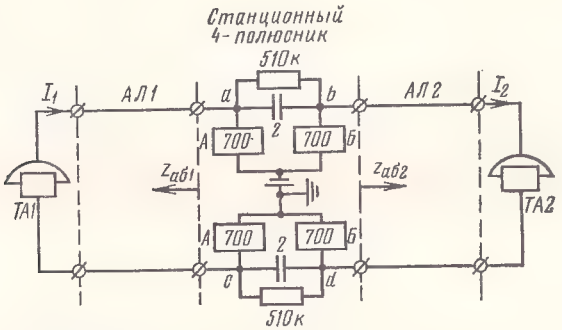


Рис. 5.30 Схема разговорного тракта АТС К-100/2000

Обозначим полное сопротивление полуобмоток реле A и $Б$ через Z_1 (см. рис. 5.30), а полное сопротивление двухполюсников между точками ab и cd — через Z_2. Пользуясь формулами преобразования треугольника сопротивлений в трехлучевую эквивалентную звезду, получим схему, изображенную на рис. 5.31, где

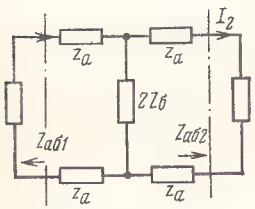


Рис. 5.31. Эквивалентная схема для определения $a_{вн}$

$$Z_a = \frac{Z_1 Z_2}{2Z_1 + Z_2};$$

$$Z_б = \frac{Z_1^2}{2Z_1 + 2Z_2}.$$

Вносимое затухание

$$a_{вн} = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{E^2}{(Z_{аб1} + Z_{аб2})^2 I_2^2} \right|. \qquad (5.43)$$

Для определения тока I_2 воспользуемся теоремой эквивалентного генератора, согласно которой

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_\infty}{Z_\Gamma + Z_{аб2}}.$$

Из схемы на рис. 5.31 видно, что

$$U_\infty = \frac{2EZ_б}{Z_{аб1} + 2(Z_а + Z_б)}$$

и

$$Z_\Gamma + Z_{аб2} = 2Z_а + \frac{2Z_б(Z_{аб1} + 2Z_а)}{Z_{аб1} + 2(Z_а + Z_б)} + Z_{аб2}.$$

Следовательно,

$$I_2 = \left| \frac{4E^2 Z_1^4 (2Z_1 + Z_2)^2}{A^2} \right|.$$

Затухание, вносимое станционным четырехполюсником,

$$a_{вн} = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{A^2}{4Z_1^4 (2Z_1 + Z_2)^2 (Z_{аб1} + Z_{аб2})^2} \right|, \qquad (5.44)$$

где

$$A = (2Z_1 Z_{аб1} + Z_2 Z_{аб1} + 2Z_1 Z_2 + 2Z_1^2)(2Z_1 Z_{аб2} + Z_2 Z_{аб2} + 2Z_1 Z_2) + 2Z_1^2 (2Z_1 Z_{аб1} + Z_2 Z_{аб1} + 2Z_1 Z_2).$$

При равенстве входных сопротивлений абонентских линий, подключенных к станционному четырехполюснику, $Z_{аб1} = Z_{аб2} = Z_{аб}$, вносимое затухание будет равно рабочему затуханию четырехполюсника, где $Z_{аб}$ — входное сопротивление абонентской линии:

$$a_{вн} = a_{раб} = \ln \left| \frac{A}{4Z_1^2 (2Z_1 + Z_2) Z_{аб}} \right|, \qquad (5.45)$$

где

$$A = (2Z_1 Z_{аб} + Z_2 Z_{аб} + 2Z_1 Z_2)(2Z_1 + Z_2)(2Z_1 + Z_{аб}).$$

После подстановки значения A и ряда преобразований получим

$$a_{вн} = a_{раб} = \ln \left| 1 + \frac{4Z_1 Z_2 (Z_{аб} + Z_1) + (2Z_1 + Z_2) Z_{аб}^2}{4Z_1^2 Z_{аб}} \right|. \qquad (5.46)$$

В условиях городской телефонной сети затухание станционной части тракта определяется схемой и параметрами элементов питающего моста, сопротивлением термических катушек, параметрами сигнальных реле, емкостью станционного монтажа. Рабочее затухание станционной части тракта на $f = 800$ Гц не должно превышать 1,3 дБ.

Асимметрия разговорного тракта

Одним из важнейших требований, предъявляемых к разговорным цепям, является отсутствие влияния отдельных цепей друг на друга. С этой целью разговорные провода свиваются парами как в линейных, так и в станционных кабелях, а также в станционном монтаже. Другим важным условием является обеспечение продольной (сопротивление проводов a и b) и поперечной (сопротивление проводов по отношению к земле) симметрией. Нарушение симметрии, т. е. асимметрия разговорной цепи, является одной из причин появления помех (шумов и переходных разговоров) в телефонном тракте, а следовательно, одной из причин снижения качества связи.

В телефонном тракте различают линейную $A_л$ и станционную $A_с$ асимметрии. Как правило, линейная часть телефонного тракта симметрична, поэтому остановимся на рассмотрении станционной асимметрии. Станционная асимметрия или асимметрия станционного четырехполюсника возникает вследствие неравенства электрических параметров приборов, включенных последовательно и подключенных параллельно в каждый из разговорных проводов. Так как положительный полюс станционной батареи заземлен, а сопротивление батареи для токов разговорных частот ничтожно мало, то станционная симметрия рассматривается относительно земли.

На рис. 5.32 приведена эквивалентная схема разговорного тракта, на которой показаны мешающие ЭДС в разговорных цепях,

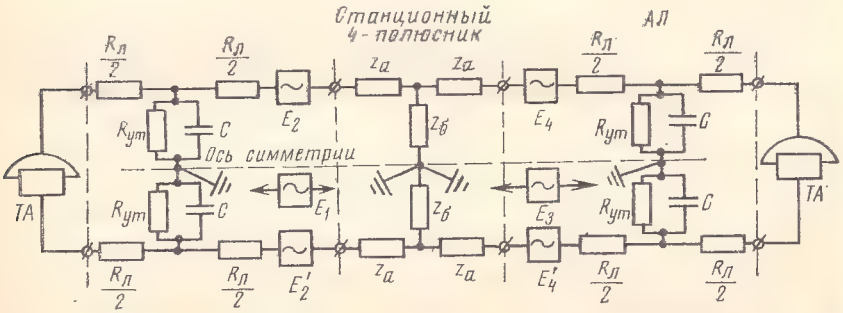


Рис. 5.32. Эквивалентная схема разговорного тракта при наличии мешающих ЭДС

возникающие за счет электромагнитного влияния соседних цепей (E_2 и E'_2, E_4 и E'_4) и переменной разности потенциалов между станционными и линейными заземлениями (E_1 и E_3). Так как линейная цепь симметрична, то $E_2=E'_2$, $E_4=E'_4$ и противоположны по фазам.

Схема измерения станционной асимметрии показана на рис. 5.33*а*, где $Z_{аб}$ — входное сопротивление, измеренное в сторону ли-

нии между точкой a (или b) и землей; E — генератор, ЭДС которого создает мешающее напряжение; $U_п$ — мешающее напряжение на телефоне, создающееся за счет асимметрии станционного четырехполюсника.

На рис. 5.33*б* схема измерения асимметрии представлена в виде моста переменного тока. Величина станционной асимметрии, из-

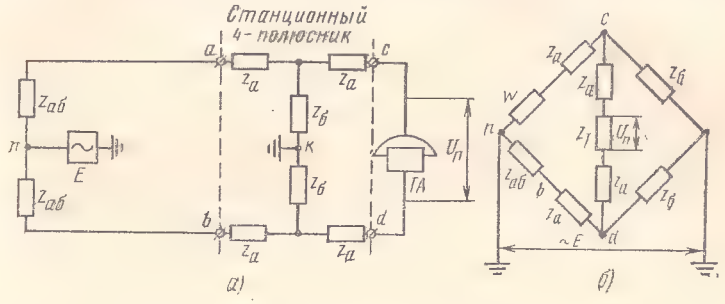


Рис. 5.33. Схема измерения станционной асимметрии

меряемая на $f=800$ Гц, определяется отношением мешающего напряжения $U_п$ на зажимах телефона с сопротивлением $Z_т$, включенного со стороны противоположной линии, к ЭДС E, создающей это напряжение:

$$A_с = \frac{U_п}{E} \cdot 100\%. \qquad (5.47)$$

Допустимая величина $A_с$ в нерайонированной городской телефонной сети не должна превышать 0,7%, т. е. $A_с \leqslant 0{,}7\%$. Норма на величину $A_с$ в нерайонированной сети более жесткая, чем норма на величину $A_с$ в районированной сети. Поэтому в районированной сети $A_с$ можно не определять, если в нерайонированной сети станционные четырехполюсники удовлетворяют норме. Величина асимметрии телефонного тракта в целом на городских телефонных сетях может быть до 1%.

ГЛАВА 6

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КООРДИНАТНЫХ АТС

6.1. ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА КООРДИНАТНЫХ АТС

Основные недостатки электромеханических АТС со щеточными искателями

До сороковых годов на телефонных сетях широко применялись электромеханические системы АТС с декадно-шаговыми, машинными и моторными искателями, в которых предусмотрены индиви-

дуальные управляющие устройства с прямым способом установления соединений. В процессе длительной эксплуатации телефонных сетей были выявлены существенные недостатки, свойственные коммутационным системам со щеточными искателями. Основными из них являются: невысокая надежность действия коммутационных приборов, большие затраты труда на обслуживание станционного оборудования, низкое качество разговорного тракта, образованного контактами скольжения, значительное время коммутации на ступени искания, сложная технология производства искателей и недостаточные возможности для экономичного построения телефонных сетей.

Надежность действия станционной аппаратуры в процессе эксплуатации обычно оценивается числом повреждений, возникающих за определенное время, и процентом непрохождений при осуществлении контрольных соединений. Наличие в искателях подвижных, трущихся частей и ударных усилий приводит к сравнительно быстрому нарушению регулировок, износу и поломке деталей. Особенно это заметно в декадно-шаговых АТС, где свыше половины всех повреждений составляют механические повреждения в искателях. Так, на городских декадно-шаговых станциях системы АТС-54 число повреждений в коммутационной аппаратуре колеблется в пределах 0,4—0,8 за год на один номер монтированной емкости. Для устранения возникающих повреждений, ремонта оборудования и выполнения профилактических проверок на АТС со щеточными искателями необходим большой технический штат. Например, трудоемкость эксплуатационного обслуживания городских АТСДШ составляет в среднем 6 чел.-ч на один номер в год.

Серьезным недостатком декадно-шаговых систем АТС является наличие шумов в разговорном тракте. Основной причиной возникновения больших уровней импульсных шумов (свыше 1 мВ псоф) является скачкообразное изменение сопротивления контакта в разговорной цепи при вибрации щеток под влиянием ударных усилий от соседних работающих искателей. В результате снижается разборчивость телефонной передачи.

Электромеханические искатели имеют сложную конструкцию с большим числом разнообразных деталей. Процессы сборки и особенно регулировки искателей не поддаются автоматизации.

Отличительные особенности координатных АТС

Как известно, для установления соединения между абонентскими линиями на телефонных сетях решаются две задачи — выбирается требуемая линия с помощью управляющих устройств и образуется разговорный тракт через коммутационные приборы. В декадно-шаговых, машинных и некоторых других системах АТС эти функции выполняются искателями, имеющими индивидуальные управляющие устройства. Однако такое решение является неэкономичным, поскольку для управления на одной ступени искания

необходимо около 1 с, а коммутирующие устройства заняты в среднем 60—80 с. Поэтому в координатных и в квазиэлектронных системах АТС применяются общие управляющие устройства, обслуживающие определенную группу коммутационных приборов.

В координатных системах АТС для образования разговорного тракта предусматриваются коммутационные блоки, состоящие из МКС, а функции управления на ступенях искания выполняются общими релейными или электронными управляющими устройствами (маркерами), каждый из которых обслуживает чаще всего один коммутационный блок, насчитывающий несколько десятков входов (рис. 6.1). При использовании релейных маркеров применение глубокой централизации управляющих устройств ограничивается сроком службы и временем действия реле. Более широкие возможности в этом направлении появляются при электронном управлении.

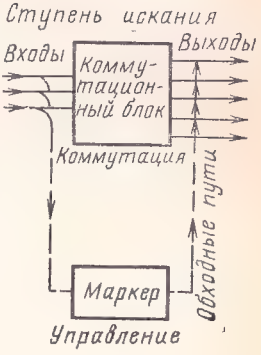


Рис. 6.1. Структурная схема ступени искания АТС координатной системы

Маркеры осуществляют искание по обходным путям, которые не проходят через коммутационные блоки. После выполнения функций искания маркер создает цепи для срабатывания соответствующих электромагнитов МКС в коммутационном блоке. При этом вход блока подключается к выбранному выходу, а маркер освобождается. В многократных координатных соединителях применяются вертикали малой емкости на 10 или 20 линий, поэтому для получения экономичных коммутационных блоков с большой доступностью употребляется звеньевое включение. Главным образом используются двухзвенные коммутационные блоки.

В координатных АТС, как и в других современных автоматических системах коммутации, предусматривается регистровое (косвенное) управление. В этом случае информация о номере вызываемой линии принимается и запоминается регистром, который временно подключается к шнуровому комплекту. В процессе установления соединения регистр полученную адресную информацию передает в маркеры кодированными сигналами. В регистровых системах АТС при необходимости повышения числа направлений можно увеличить количество ступеней группового искания, сохраняя неизменной значность нумерации. Регистр по требованию маркера обеспечивает повторную выдачу цифры. Число направлений на ступени *ГИ* в регистровых системах АТС может быть более десяти, и для выбора нужного направления используются одна, две и более цифр. Поэтому использование регистрового управления обеспечивает экономичное построение сетей. Применение регистрового управления также позволяет уменьшить время занятия маркеров, поскольку последние не занимаются во время набора номера и получают необходимую адресную информацию быстродействующим способом.

Таким образом, основными особенностями координатных систем АТС являются: обходной способ установления соединения с применением общих управляющих устройств — маркеров; применение коммутационных блоков, построенных на МКС с широким использованием звеньевого включения; регистровое (косвенное) управление для гибкого и экономичного построения сетей связи и уменьшения времени занятия маркеров.

В координатных системах АТС применяются три вида ступеней искания: ступень абонентского искания *АИ*, ступень группового искания *ГИ* и ступень регистрового искания *РИ*. Каждая ступень искания выполняет определенную коммутационную задачу (свободное, линейное или групповое искание) и состоит из коммутационных блоков и маркеров. Количество маркеров чаще всего равно числу обслуживаемых коммутационных блоков.

Ступень *АИ* при исходящем сообщении от абонента выполняет функции предварительного искания и работает в режиме свободного искания. При входящем сообщении ступень *АИ* осуществляет функции линейного искания. Применение ступени *АИ* вместо отдельных ступеней предварительного и линейного искания повышает использование коммутационных и управляющих устройств и снижает таким образом их стоимость.

Структурная схема соединительного тракта координатной АТС с одной ступенью группового искания и столинейными блоками на ступени абонентского искания изображена на рис. 6.2.

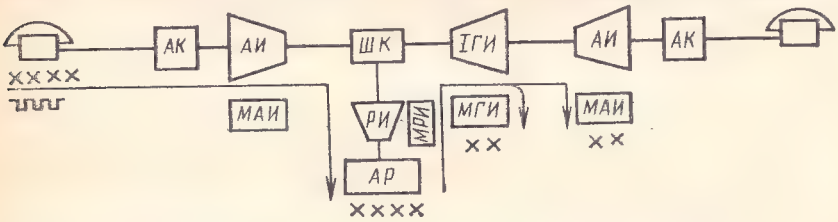


Рис. 6.2. Структурная схема соединительного тракта координатной АТС с одной ступенью *ГИ* и столинейными блоками *АИ*

Коммутационные блоки, состоящие из МКС, изображены в виде трапеций, а маркеры и регистр обозначены прямоугольниками. Число абонентских линий, включаемых в поле блока *АИ*, в несколько раз больше количества исходящих линий из блока к шнуровым комплектам *ШК*. Для иллюстрации этого абонентские линии включены в большее основание трапеции, обозначающей блок *АИ*. Количество блоков *АИ* зависит от емкости АТС и числа абонентских линий, включаемых в один коммутационный блок. Если емкость станции 2000 номеров и применяются столинейные блоки *АИ*, то необходимо 20 блоков *АИ*. Для выбора нужной столинейной группы используется ступень *ГИ*, имеющая 20 направлений. В соответствии с соотношением числа входящих и исходящих линий блоки *ГИ* и *РИ* также изображены на схеме в виде трапеций.

Пользуясь рис. 6.2, рассмотрим назначение ступеней искания и порядок установления соединения на координатной АТС. При вызове станции абонентом (исходящее сообщение) маркер блока *АИ* определяет номер вызывающей абонентской линии и осуществляет выбор свободного шнурового комплекта, доступного этой линии. Затем через блок *АИ* устанавливается соединение абонентской линии с выбранным *ШК*. Для подключения *ШК* к абонентскому регистру *АР* применяется ступень регистрового искания *РИ*, с помощью которой группа *ШК* обслуживается определенным числом регистров. Маркер блока *РИ* выбирает свободный регистр, а блок *РИ* осуществляет коммутацию.

После подключения *АР* к вызывающей линии через блоки ступеней *РИ* и *АИ* абонент получает из *АР* сигнал «Ответ станции» ($f=425$ Гц) и набирает номер. При емкости станции 2000 номеров необходимо иметь четырехзначную нумерацию абонентских линий. Все цифры набираемого номера (адресная информация) принимаются и запоминаются абонентским регистром. На рис. 6.2 цифры номера, передаваемые в регистр, а из него в маркеры, обозначены крестиками.

Завершив прием всех четырех цифр номера, абонентский регистр отмечает положительным потенциалом вход блока *ІГИ*, соединенный с занявшимся *ШК*. К этому входу блока подключается маркер блока *ГИ (МГИ)* и посылает в регистр кодированный сигнал запроса первой цифры номера. На рассматриваемой АТС емкостью 2000 номеров, где в поле блока *ГИ* предусматривается 20 направлений к блокам *АИ*, выбор направления производится *МГИ* по двум цифрам — цифре тысяч и цифре сотен. Маркер блока *ІГИ*, получив из регистра первую цифру, посылает сигнал запроса для выдачи следующей цифры. На основе полученной адресной информации *МГИ* выбирает направление к нужному блоку *АИ*, а потом — свободную линию в этом направлении. После коммутации в блоке *ГИ* маркер освобождается.

Затем из *АР* отмечается потенциалом занявшийся вход в блоке *АИ*. Номер этого входа определяется маркером блока *АИ (МАИ)*. По запросам *МАИ* абонентский регистр последовательно выдает информацию о последних двух цифрах номера. В дальнейшем маркер блока *АИ* выбирает свободные и доступные промежуточные линии, а также опробует вызываемую абонентскую линию. Если она свободна, то на ступени *АИ* осуществляется коммутация и вход блока *АИ* подключается к вызываемой абонентской линии. После этого *АР* и *МАИ* освобождаются. Сигналы «Посылка вызова» и «Контроль посылки вызова» осуществляются из шнурового комплекта. Из него же производится питание микрофонов *ТА* и удержание электромагнитов МКС в рабочем состоянии в коммутационных блоках *АИ* и *ГИ*.

Преимущества координатных АТС

Длительное производство и эксплуатация координатных АТС в различных странах позволили установить их значительные пре-

имущества по сравнению с системами, в которых применяются электромеханические искатели. Оборудование координатных систем автоматической коммутации имеет значительно бóльшую надежность действия, чем оборудование со щеточными искателями. Это объясняется применением сравнительно простых по конструкции приборов релейного типа (МКС, электромагнитные реле), где нет ударных усилий и больших перемещений деталей при установлении соединения. На координатных АТС различных систем в год на один номер монтированной емкости возникает 0,05—0,15 станционных повреждений, т. е. в 6 раз меньше, чем на декадно-шаговых станциях. Поэтому затраты рабочего времени технического персонала для эксплуатации коммутационной аппаратуры значительно сокращаются.

Применение контактов давления из благородных металлов (серебра, палладия) обеспечивает высокое качество тракта, что особенно важно для междугородных связей и передачи дискретной информации.

С помощью коммутационных блоков, построенных на МКС, можно осуществить многопроводную коммутацию с целью получения четырехпроводного тракта при транзите уплотненных цепей.

Применение звеньевых ступеней группового искания с большой доступностью для отдельных направлений $D=20$, 40 и 60 позволяет значительно повысить пропускную способность пучков межстанционных линий и тем самым уменьшить затраты при строительстве крупных сетей связи.

Для сравнения эксплуатационных качеств основных коммутационных приборов координатных и декадно-шаговых АТС в табл. 6.1 приведены некоторые характеристики МКС и ДШИ-М.

Как видно из таблицы, МКС обладают по сравнению с ДШИ более высокими показателями качества контакта, коммутационных возможностей, времени коммутации и сроков службы. Однако стоимость точки коммутации при одинаковой проводности у МКС больше.

Таким образом, к преимуществам координатных систем по сравнению с декадно-шаговыми системами АТС можно отнести: более высокую надежность действия коммутационной аппаратуры; меньшие эксплуатационные расходы по станционным сооружениям; хорошее качество разговорного тракта; большие коммутационные возможности ступеней группового искания (число направлений, доступность, проводность); возможность автоматизации технологических процессов при изготовлении оборудования.

Координатные системы АТС по своим техническим возможностям и экономичности построения в основном отвечают современным требованиям, предъявляемым к автоматическим системам коммутации. Они успешно используются на сетях связи всех видов. В соответствии с научно-техническими прогнозами в Советском Союзе координатные системы АТС будут широко выпускаться в ближайшие 20—25 лет параллельно с развертыванием серий-

Таблица 6.1

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПОВЫХ МКС И ДШИ-М

Характеристики	МКС			ДШИ-М
	20×20×3	10×20×6	10×12>2	
Качество контакта: вид	Контакт давления			Контакт скольжения
материал	Серебро			Бронза—латунь
уровень шумов, мВ псоф	<0,1			>1
Коммутационные возможности:				
число включенных линий	400	200	120	100
проводность линии	3	6	12	3
число одновременных соединений	20	10	10	1
Использование контактной системы:				
число контактов поля вертикали МКС и искателя	Вертикаль 20×3=60	Вертикаль 20×6=120	Вертикаль 12×12=144	100×3=300
процент использования контактов при одном соединении, %	5	5	8,3	1
Время коммутации, мс	50			750 (среднее для *ГИ*)
Срок службы	Число срабатываний: удерживающего электромагнита *У* — 6 млн. выбирающего электромагнита *В* — 7,5 млн. точки коммутации — 3 млн.			Число циклов действия $1 \cdot 10^6$
Стоимость трехпроводной точки коммутации, руб.	0,22			0,12

ного производства квазиэлектронной техники автоматической коммутации.

6.2. КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

В координатных АТС для построения коммутационных блоков используются двухпозиционные и трехпозиционные многократные координатные соединители. Электромагнитные реле широко при-

меняются в маркерах, регистрах, абонентских и шнуровых комплектах. Кроме того, в маркерах и регистрах используются электронные схемы, построенные на транзисторах и диодах.

В отечественных координатных системах АТС используются пять типов многократных координатных соединителей МКС, которые имеют унифицированную конструкцию и одинаковые габариты — 630×213×134 мм. Коммутационными параметрами МКС являются: число вертикалей, емкость поля вертикали и проводность коммутируемых линий. Эти величины указываются в наименовании типа МКС. В табл. 6.2 помещены коммутационные параметры и число электромагнитов типовых МКС.

Таблица 6.2

КОММУТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТИПОВЫХ МКС

Тип МКС	Число вертикалей	Емкость поля вертикали	Проводность линий	Число электромагнитов		
				В	*У*	*П*
Двухпозиционный 20×10×6	20	10	6	10	20	—
Трехпозиционный 20×20×3	20	20	3	10	20	2
Двухпозиционный 10×10×12	10	10	12	10	10	—
Трехпозиционный 10×20×6	10	20	6	10	10	2
Двухпозиционный 10×12×12	10	12	12	12	10	—

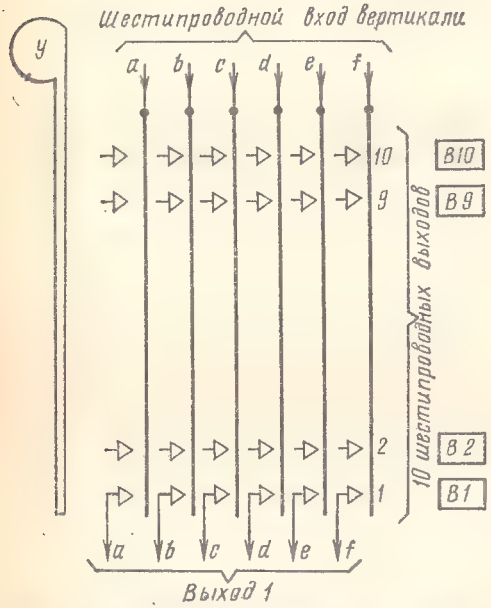


Рис. 6.3. Схема контактного поля вертикали двухпозиционного МКС 20×10×6

Схема контактного поля десятилинейной шестипроводной вертикали двухпозиционного МКС 20×10×6 приведена на рис. 6.3. Счет линий в поле вертикали идет снизу вверх. Провода обозначаются латинскими буквами *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Шестипроводной вход вертикали подключается к неподвижным струнам. В двухпозиционном МКС каждая контактная группа коммутирует одну линию, а проводность линий равна числу струн в одной вертикали. При установлении соединения в этом МКС необходимо срабатывание двух электромагнитов: выбирающего *В* и удерживающего *У*.

Схема контактного поля двадцатилинейной трехпро-

водной вертикали трехпозиционного МКС 20×20×3 показана на рис. 6.4. В этой вертикали число неподвижных струн вдвое больше проводности коммутируемых линий, и каждый провод входа вертикали через контакты переключающей горизонтали подключается посредством переключающего электромагнита *П* к одной из двух неподвижных струн. Для подключения входа вертикали к выходу *1* срабатывают выбирающий электромагнит *В1* и переключающий электромагнит *П1*, а затем удерживающий электромагнит *У* данной вертикали. Если нужно подключить вход какой-нибудь вертикали к выходу *11*, то срабатывают *В1*, *П2* и *У*. Как видно из рис. 6.4, в трехпозиционном МКС в каждую контактную группу включаются два выхода, например, *1* и *11*.

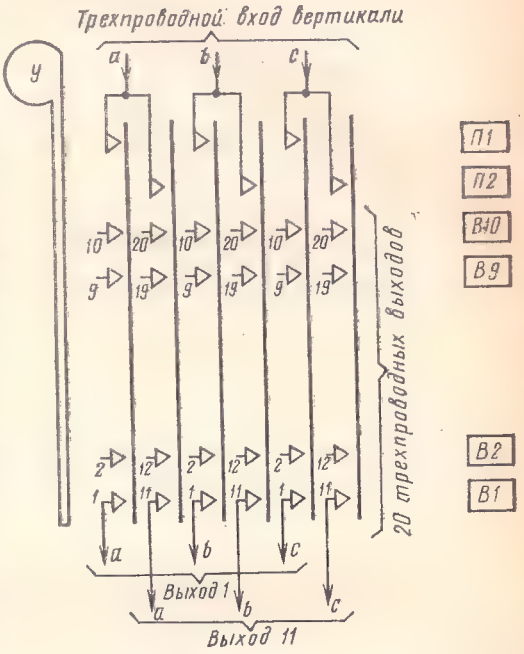


Рис. 6.4. Схема контактного поля вертикали трехпозиционного МКС 20×20×3

При работе МКС его подвижные детали перемещаются на малые расстояния, и поэтому для коммутации линии требуется небольшое время, соизмеримое со временем срабатывания электромагнитного реле. В трехпозиционном и двухпозиционном МКС время коммутации ($t_к$) одинаковое, поскольку выбирающий *В* и переключающий *П* электромагниты срабатывают одновременно: $t_к = t_{ср.в} + t_{ср.у} + t_{отп.в} \leqslant 50$ мс. В МКС, кроме контактов в поле вертикалей, имеются так называемые головные контакты удерживающих и выбирающих электромагнитов. Головные контакты, меняющие свое состояние при срабатывании и отпускании электромагнитов, используются в схемах маркеров.

В удерживающих электромагнитах МКС предусмотрены две обмотки. Одна из них, имеющая меньшее сопротивление, используется для срабатывания *У*, а вторая высокоомная — для его удерживания в рабочем состоянии. Эта обмотка применяется для уменьшения расхода энергии.

В абонентских, шнуровых, подключающих и других релейных комплектах отечественных координатных АТС используется плоское электромагнитное реле типа РПН, на котором можно разместить до 15—18 контактных пружин. Срок службы реле РПН

составляет 10 млн. срабатываний. В регистрах и маркерах, имеющих высокое использование, применяется реле типа РЭС-14, обладающее сроком службы не менее 30 млн. срабатываний. Это реле может иметь до 24 контактных пружин.

В отечественных координатных АТС, особенно в усовершенствованной системе АТСК-У, широко используются электронные схемы. Электронизация оборудования координатных АТС предусматривается в тех случаях, когда необходимо обеспечить небольшое время действия устройства, стабильные временные параметры сигналов, повышенную надежность работы или сокращение габаритов аппаратуры. Поэтому электронные устройства нашли применение в маркерах, регистрах, в приборах для генерирования и приема тональных управляющих сигналов и в сигнально-вызывных устройствах. Так, в системе АТСК-У используется электронный маркер на ступени регистрового искания для подключения входящих регистров, в абонентских и входящих регистрах предусмотрены электронные датчики импульсов постоянного тока и электронные схемы для обеспечения межсерийного интервала. На городских координатных АТС в устройствах передачи и приема частотных управляющих сигналов применяются электронные генераторы и приемники, а также электронные диодные контакты в тракте передачи сигналов. В определителях и в пробных устройствах маркеров полупроводниковые диоды служат для развязывания общих точек в цепях с целью уменьшения числа релейных контактов.

6.3. КОММУТАЦИОННЫЕ БЛОКИ

Особенности построения коммутационных блоков

В координатных системах АТС соединительный тракт состоит из нескольких ступеней искания, каждая из которых представляет собою совокупность управляющих и коммутационных устройств, необходимых для выполнения определенного режима искания. Соединение устанавливается последовательно по ступеням искания, и поэтому выбор исходящей линии на каждой ступени искания не зависит от возможности установления соединения по этой линии на последующей ступени искания.

Коммутационные устройства, состоящие из МКС, объединяются в коммутационные блоки, каждый из которых вместе с обслуживающим маркером размещается на одном или нескольких стативах в зависимости от числа МКС в блоке и конструкции стативов. Коммутационный блок имеет фиксированные параметры — N входов и M выходов. Широко используются двухзвенные коммутационные блоки.

Наиболее общий режим — групповое искание — выполняется на ступенях *ГИ*. Маркер блока *ГИ* прежде всего должен выбрать нужное направление в соответствии с полученной из регистра адресной информацией, а затем отыскать в пределах этого нап-

равления свободную линию, доступную вызвавшему входу блока. Линии, включенные в поле блока *ГИ*, делятся электрическим способом на H направлений с доступностью D для отдельных направлений (рис. 6.5*а*). В отечественных системах АТСК блоки *ГИ*

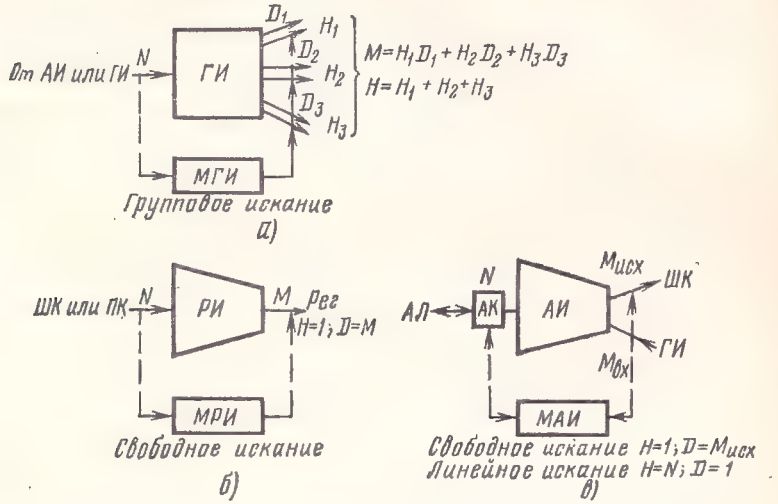


Рис. 6.5. Структурные схемы и коммутационные параметры ступеней искания АТСК

обычно имеют 200 или 400 выходов, которые делятся на 10—20 направлений с доступностью $D=10$, 20, 40, 60.

Если в блоке *ГИ* H_1 направлений имеет доступность D_1 и соответственно для H_2 и H_3 направлений приняты доступности D_2 и D_3, то общее число направлений $H=H_1+H_2+H_3$, а количество исходящих линий в блоке $M=H_1D_1+H_2D_2+H_3D_3$. При увеличении доступности для отдельных направлений уменьшается возможное число направлений на ступени *ГИ*.

Наиболее простой режим искания (свободное искание) выполняет ступень регистрового искания. Входами блока *РИ* являются шнуровые или подключающие комплекты, а выходами — регистры. Все выходы представляют собою одно направление ($H=1$), доступность в пределах которого $D=M$ (рис. 6.5*б*). Блоки *РИ* бывают однозвенные и двухзвенные. При установлении соединений на ступени *РИ* вход блока подключается к свободному и доступному регистру. Число входов в блоке *РИ* всегда больше числа выходов ($N>M$), потому что регистры, в отличие от шнуровых комплектов, занимаются лишь на время установления соединения. В результате на ступени *РИ* имеет место сжатие. В блоках на ступени *АИ* различают абонентские линии (N), исходящие линии к *ШК* ($M_{исх}$), входящие линии от последней ступени *ГИ* ($M_{вх}$). При входящем сообщении, когда осуществляется режим

линейного искания, число направлений равно количеству включенных абонентских линий $H=N$, а доступность равна единице $D=1$. При исходящей связи число направлений $H=1$, а доступность $D=M_{\text{исх}}$ (рис. 6.5*в*).

Одной из особенностей коммутационных блоков координатных АТС является применение звеньевого включения. Как известно, в однозвенных схемах каждая точка коммутации используется для соединения лишь одного входа с одним выходом. В таких схемах требуется большое число точек коммутации, равное произведению числа входов на число выходов. В системах АТС с электромеханическими искателями стоимость точек коммутации сравнительно небольшая и поэтому допустимо их низкое использование. В координатных АТС стоимость точек коммутации более высокая и составляет значительную долю затрат на коммутационную систему в целом. Поэтому очень важно обеспечить снижение числа точек коммутации для пропуска заданной нагрузки. С этой целью в координатных АТС при построении коммутационных блоков широко применяется звеньевое включение. В этом случае каждая точка коммутации используется для образования соединительных путей между различными входами и выходами. В результате использование точек коммутации повышается и необходимое их число при заданной пропускной способности снижается.

В коммутационном блоке, имеющем N входов и M выходов (рис. 6.6*а*), для однозвенной схемы требуется $T_1=NM$ точек коммутации. Если же применить двухзвенную односвязную схему (рис. 6.6*б*), то необходимо меньшее число точек коммутации: $T_2=n_A m_A k_A+n_B m_B k_B=Nm_A+Mn_B$. Поскольку в односвязной схеме $m_A=k_B=\frac{M}{m_B}$ и $n_B=k_A=\frac{N}{n_A}$, то $T_2=NM\left(\frac{1}{m_B}+\frac{1}{n_A}\right)$. В применяемых двухзвенных схемах всегда $m_B>2$ и $n_A>2$. Поэтому $\left(\frac{1}{m_B}+\frac{1}{n_A}\right)<1$. В результате при одинаковом числе входов и выходов число точек коммутации в двухзвенных схемах требуется меньшее $T_2<T_1$. Если, например, на ступени *ГИ* необходимо обеспечить $N=20$ входов и $M=100$ выходов, то в декадно-шаговой системе АТС, где применяются однозвенные ступени искания, потребуется установить 20 столинейных *ГИ* с запараллеленными полями (рис. 6.6*в*). Число точек коммутации будет равно $T_1=20\cdot 10=2000$. В координатной системе АТС для этой ступени *ГИ* можно применить двухзвенный односвязный блок типа вход—поле—вход—поле (ВПВП) с параметрами $20\times 40\times 100$, где $n_A=5$ и $m_B=10$ (рис. 6.6*г*). В такой схеме потребуется 3 МКС $20\times 10\times 6$, и количество точек коммутации будет равно

$$T_2=NM\left(\frac{1}{m_B}+\frac{1}{n_A}\right)=20\cdot 100\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{5}\right)=$$
$$=2000\cdot 0{,}3=600.$$

Таким образом, в данном примере при использовании звеньевого включения число точек коммутации в блоке *ГИ* уменьшается на

70%. Повышенное использование точек коммутации в двухзвенной схеме объясняется тем, что в каждой точке коммутации звена A вход блока можно подключить не к одному выходу блока, а к любому из q выходов одного направления, включенных в коммутатор звена B. Аналогично в каждой точке коммутации звена B к одному выходу можно подключить не один вход блока, а

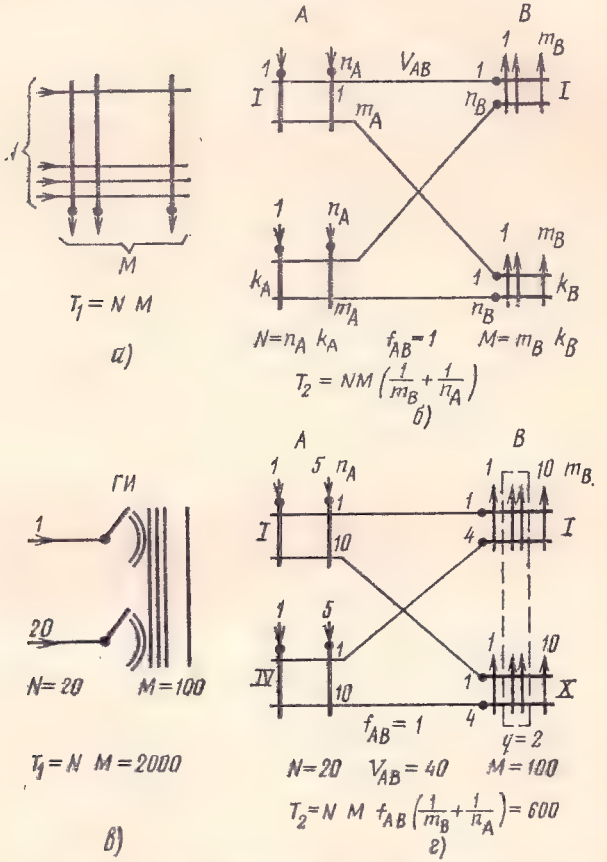


Рис. 6.6. Схемы к сравнению числа точек коммутации в однозвенных и двухзвенных коммутационных блоках *ГИ*:
а) однозвенная схема ($N \times M$); *б)* двухзвенная схема ВПВП $N \times V_{AB} \times M$; *в)* однозвенный блок *ГИ* 20×100; *г)* двухзвенный блок *ГИ* 20×40×100

$n_A = 5$ входов блока. Следует лишь помнить, что для обеспечения одинаковой пропускной способности в двухзвенной схеме нужно иметь больше выходов, чем в однозвенной полнодоступной схеме, чтобы учесть возникающие внутренние блокировки.

Если применяется двухзвенная коммутационная схема со связностью f_{AB}, где $m_A = k_B f_{AB}$ и $n_B = k_A f_{AB}$, то число точек коммутации в блоке определяется из выражения

$$T = NMf_{AB}\left(\frac{1}{m_B} + \frac{1}{n_A}\right).$$

При одинаковом числе входов и выходов в двухсвязной схеме потребуется больше точек коммутации, чем в односвязной, но зато повышается пропускная способность блока.

В однозвенных схемах величина доступности на ступени искания D, т. е. число линий одного направления, доступных входу блока, является постоянной величиной. Особенностью звеньевого включения является переменная доступность вследствие возникновения внутренних блокировок, когда свободная исходящая линия становится недоступной входу блока из-за занятости соответствующих промежуточных линий. Поэтому в звеньевых включениях различают максимальную доступность ($D_{макс}$), минимальную доступность ($D_{мин}$) и эффективную доступность ($D_{эфф}$), применяемую при расчетах оборудования.

Принципы построения звеньевых включений были изложены в гл. 3. Ниже будут рассмотрены коммутационные блоки координатных АТС, применяемые на ступенях группового и абонентского искания.

Коммутационные блоки на ступенях группового искания

На ступенях группового искания в координатных АТС применяются двухзвенные блоки типа ВПВП — односвязные с расширением на звене A или двухсвязные без расширения. Различные блоки *ГИ* отличаются числом входящих N, промежуточных V_{AB} и исходящих линий M, связностью f_{AB}, коэффициентом расширения σ_A на звене A и коммутационными параметрами используемых МКС.

К основным коммутационным параметрам блока *ГИ* относятся: число направлений H и доступность в направлении D. Важным преимуществом ступени *ГИ* в координатных системах АТС является электрическое деление поля блока на направления. Это позволяет повышать доступность для отдельных направлений за счет уменьшения общего числа направлений.

Рассмотрим в качестве примера трехпроводной коммутационный блок ступени *ГИ* (обозначаемый *ГИ-3*), применяемый на основных ступенях *ГИ* районных станций системы АТСК (АТСК-У). В этом блоке используется двухзвенная, односвязная схема типа ВПВП $80\times120\times400$. В обоих звеньях применяются трехпозиционные трехпроводные МКС $20\times20\times3$. Максимальное число направлений $H_{макс}=20$, а доступность может быть равна $D=20$, 40 или 60. Функциональная схема этого коммутационного блока приведена на рис. 6.7*а*, где указаны число линий, связность и количество МКС. Число вертикалей в звене A равно количеству вхо-

дящих линий, и поэтому для звена A необходимо установить четыре МКС $20\times20\times3$. В звене B число вертикалей соответствует количеству промежуточных линий, и для этого звена необходимо шесть МКС $20\times20\times3$.

Определим структурные параметры рассматриваемого блока *ГИ*. Коэффициент расширения на звене A $\sigma_A=V_{AB}/N=120/80=1{,}5$. В коммутационном блоке предусматривается полное использование поля вертикалей и поэтому нужно прежде всего определить для звена A структурный параметр, который равен емкости применяемых вертикалей. В звене типа вход—поле (ВП) таким параметром является число выходов из коммутатора m_A, поэтому $m_A=20$. Тогда число коммутаторов в звене A $k_A=V_{AB}/m_A=120/20=6$.

Среднее число входов в коммутаторах звена A $n_A=N/k_A=80/6=13{,}13$. Поскольку количество входов n_A должно быть целым числом, в двух коммутаторах предусматривается по 14 входов, а в остальных четырех — по 13 входов. Число коммутаторов в звене B, как в односвязной схеме, $k_B=m_A=20$. Число входов в каждом коммутаторе звена B для односвязной схемы $n_B=k_A=6$. Общее число выходов разных направлений, включенных в каждый коммутатор звена B,

$$m_B=M/k_B=400/20=20.$$

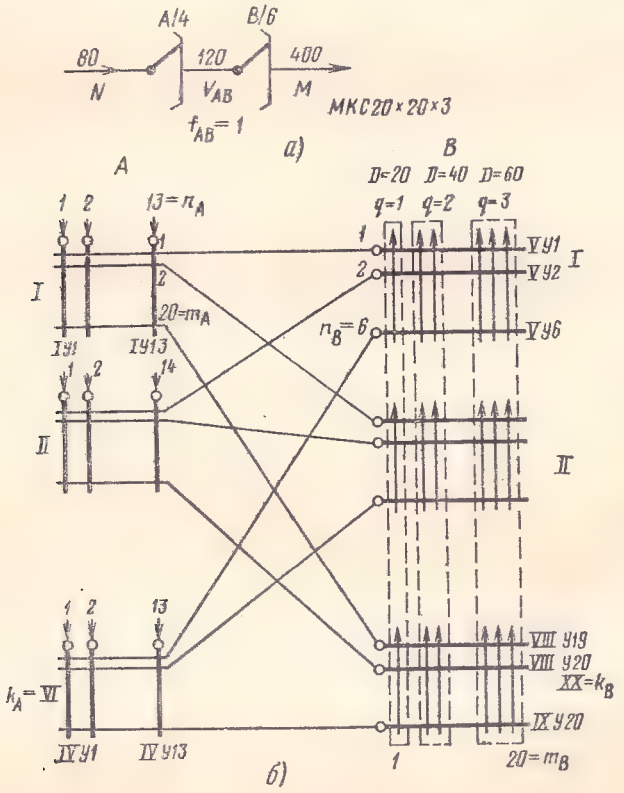
После расчета структурных параметров можно построить схему группообразования блока *ГИ* $80\times120\times400$, которая изображена на рис. 6.7*б* координатным, а на рис. 6.7*в* символическим способом.

На рис. 6.7*б* показаны номера удерживающих электромагнитов МКС для изображенных вертикалей. Например, удерживающий электромагнит *1У13* принадлежит 13-й вертикали МКС1.

Поля вертикалей, образующих схему коммутатора, должны быть запараллелены. Так, в звене B каждый коммутатор образован из шести вертикалей. С целью упрощения монтажа в рассматриваемом блоке *ГИ-3* коммутаторы звена B образованы в основном из вертикалей одного МКС. Лишь в коммутаторах *X* и *XX* этого звена используются вертикали трех МКС. В коммутаторах *II* и *V* звена A задействованы вертикали двух МКС. Линии одного направления равномерно распределяются в поле блока *ГИ-3* по всем коммутаторам звена B. В каждый коммутатор звена B включается q исходящих линий одного направления. На схемах группообразования (рис. 6.7*б* и *в*) показаны линии трех направлений при $q=1$, $q=2$ и $q=3$. Линии каждого направления расположены в столбике и ограничены рамкой. Следует учитывать, что МКС блока *ГИ-3* размещаются вместе с маркером на двух односторонних стативах. На каждом стативе устанавливаются половина МКС звена A и половина МКС звена B, что видно из рис. 6.7*в*. Нумерация МКС дается в пределах статива сверху вниз, символы вертикалей одного МКС (кружки с черточкой) помещены в прямоугольную рамку, где указан номер МКС. Нумерация

вертикалей МКС приведена в кружках, а числа около кружков указывают номера входов или промежуточных линий. С помощью приведённой схемы нетрудно определить, к какой вертикали подключен любой вход блока. Так, вход *21* блока подключен на звене *А* к первой вертикали МКСV первого статива *ГИ-3*.

На рис. 6.7*г* изображена схема коммутационного графа односвязного ($f_{AB}=1$) блока *ГИ-3*, на которой показаны один коммутатор звена *А* (точка *А*) и один вход этого коммутатора. Коммутаторы звена *В* изображены точками с обозначениями номера коммутаторов звена *В—BI, BII—BXX*. В каждый из коммутаторов звена *В* включено *q* линий одного направления. С помощью коммутационного графа удобно рассматривать изменение доступности и определять количество исходящих линий одного направления, доступных входу блока. Из рис. 6.7*г* видно, что при занятости какой-либо ПЛ вход блока теряет доступ лишь к *q* линиям одного направления, включенным в соответствующий коммутатор звена *В*. Если же включить линии одного направления не в столбец, а в строку, т. е. поместить в каждый коммутатор звена *В* 20 линий одного направления, то внутренние блокировки резко



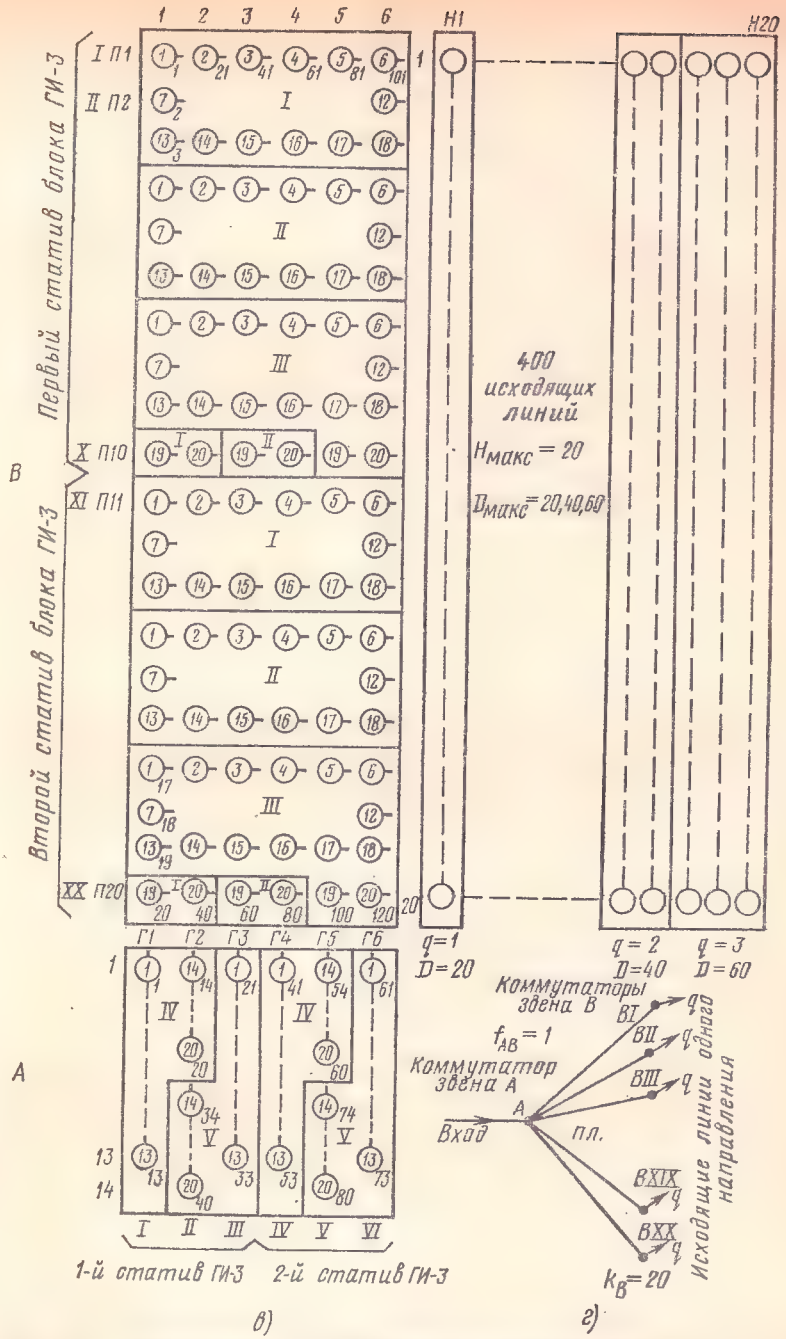


Рис. 6.7. Односвязный трехпроводный коммутационный блок ГИ 80×120×140 в системах АТСК и АТСК-У:
а) функциональная схема; *б)* и *в)* схемы группообразования; *г)* коммутационный граф

возрастут. В этом случае при занятии одной ПЛ вход блока лишался бы доступа к 20 линиям этого направления. В результате пропускная способность блока *ГИ* была низкой. Объединение двух или трех направлений с $D=20$ в одно направление с $D=40$ или $D=60$ производится посредством схемы маркера. Общее число линий одного направления в блоке является максимальной доступностью ступени *ГИ* и равно $D_{макс}=qk_B$. При $q=1$ $D_{макс}=1\cdot 20=20$. В этом случае в поле блока *ГИ* можно образовать 20 направлений с доступностью $D=20$.

Если же для всех направлений выделить по две линии в каждом коммутаторе звена *B* ($q=2$), то максимальная доступность будет равна $D_{макс}=2\cdot 20=40$. Но число направлений при этом сокращается до 10. Используя с помощью маркера электрическое деление исходящих линий на направления, применяют при необходимости увеличенную доступность для отдельных направлений с целью повышения пропускной способности пучка линий. Однако общее число линий всех направлений не может, естественно, превышать емкости поля блока *ГИ (М)*:

$$M=400=H_1\cdot 20+H_2\cdot 40+H_3\cdot 60,$$

где H_1, H_2, H_3 — число направлений, имеющих соответственно доступность $D_{макс}=20$ при $q=1$; $D_{макс}=40$ при $q=2$; $D_{макс}=60$ при $q=3$.

В пределах одного направления доступность является переменной величиной из-за появления внутренних блокировок в схеме блока при занятости промежуточных линий.

Если в коммутаторе звена *A* нет соединений, го для входа, по которому поступил первый вызов в коммутатор, доступность $D_1=D_{макс}=k_Bq$.

Если в коммутаторе звена А будет занят один вход (рис. 6.7*г*), то остальные входы этого коммутатора из-за занятости ПЛ лишаются доступа к одному коммутатору звена *B* и доступность для входа, по которому поступил следующий (второй) вызов, снижается до величины $D_2=D_{макс}-q=(k_B-1)\,q$, при $q=1$ $D_2=19$. Для третьего вызова доступность уменьшается на $2q$, т. е.

$$D_3=D_{макс}-2q=k_Bq-2q=(k_B-2)q \text{ и т. д.}$$

Минимальная доступность возникает, если в коммутаторе звена *A* останется лишь один свободный вход, а остальные (n_A-1) входов будут заняты соединением. В этом случае для оставшегося входа доступны лишь $m_A-(n_A-1)$ промежуточных линий, которые обеспечивают подключение входа лишь к $k_B-(n_A-1)$ коммутаторам в звене *B*. Поэтому минимальная доступность в блоке *ГИ-3*, т. е. наименьшее число линий одного направления, доступных входу блока, равна

$$D_{мин}=D_{макс}-(n_A-1)q=[k_B-(n_A-1)]q.$$

В двухзвенных блоках с расширением минимальная доступность больше нуля. Это объясняется тем, что в коммутаторе звена *A*

не могут быть одновременно заняты все выходы, поскольку $m_A > n_A$.

На ступенях *ГИ* применяются также двухсвязные ($f_{AB}=2$) блоки без расширения и сжатия на звене A ($N=V_{AB}$). Такой трехпроводной коммутационный блок *ГИ* 40×40×200 используется, например, на некоторых ступенях группового искания в системе АТСК (АТСК-У). Схема этого двухсвязного блока *ГИ* изображена на рис. 6.8*а, б*. При использовании МКС 20×20×3 в

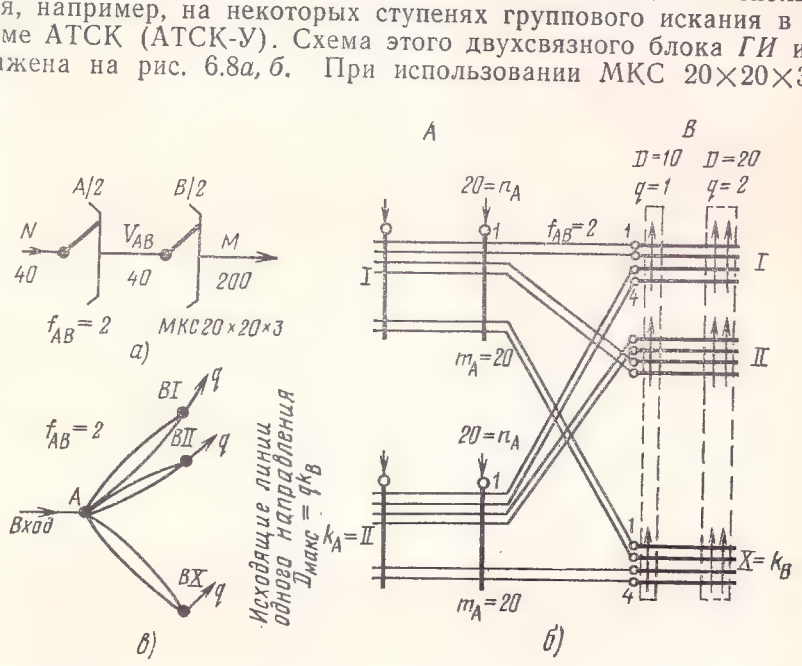


Рис. 6.8. Двухсвязный трехпроводный коммутационный блок *ГИ* 40×40×200 в системах АТСК и АТСК-У:
а) функциональная схема; *б)* схема группообразования; *в)* коммутационный граф

звене A имеются два коммутатора по 20 входов в каждом, а в звене B — десять коммутаторов. Рассмотрим изменение доступности в двухсвязном блоке *ГИ* для направления, где $q=2$. Используем при этом коммутационный граф (рис. 6.8*в*), из которого видно, что коммутатор звена A соединен с каждым коммутатором звена B двумя ПЛ.

Максимальное число линий одного направления, доступных входу, равно $D_{макс}=D_1=qk_B=2\cdot 10=20$. При занятии одного входа в коммутаторе звена A доступность в двухсвязной схеме не снижается: $D_2=D_{макс}=qk_B=20$.

Если будут заняты два входа в коммутаторе звена A и при этом займутся ПЛ к различным коммутаторам звена B, например к I и II, то доступность также не уменьшится, поскольку в двухсвязной схеме имеется доступ к каждому из этих коммутаторов по другой свободной ПЛ: $D'_3=D_{макс}=20$.

Когда при поступлении двух вызовов в коммутаторе звена A займутся обе ПЛ к одному коммутатору звена B, например к I, то этот коммутатор станет недоступным для очередного вызова из рассматриваемого коммутатора звена A. Поэтому доступность в блоке снижается на величину $q=2$: $D''_3=q(k_B-1)=18$.

Минимальная доступность в направлении возникает при занятии n_A-1 входов, когда 19 входов в коммутаторе звена A уже заняты. В этом случае вход этого коммутатора имеет доступ по одной, оставшейся свободной ПЛ к коммутатору звена B, где включено $q=2$ линий данного направления. Таким образом, в двухсвязном блоке *ГИ* без расширения на звене A ($\sigma_A=1$) минимальная доступность $D_{мин}=q$.

В координатных системах АТС, где применяются двухзвенные блоки *ГИ*, для расчета числа линий в пучке можно использовать понятие эффективной доступности $D_{эфф}$. Под эффективной доступностью понимают доступность схемы однозвенного блока, эквивалентного по пропускной способности двухзвенной схеме блока. Таким образом, двухзвенную схему, у которой доступность при поступлении вызовов меняется от $D_{макс}$ до $D_{мин}$, заменяют однозвенной схемой с постоянной доступностью $D_{эфф}$. Эти схемы эквивалентны по пропускаемой нагрузке потерям сообщения и имеют одинаковое число линий V в пучке. При использовании понятия эффективной доступности расчет числа линий производят по формуле О'Делла $V=\alpha Y+\beta$.

Значение эффективной доступности определяют из выражения

$$D_{эфф}=D_{мин}+\theta(\bar{D}-D_{мин}) \text{ или } D_{эфф}=(1-\theta)D_{мин}+\theta\bar{D},$$

где $D_{мин}$ — минимальная доступность для направления; D — математическое ожидание доступности; θ — коэффициент, зависящий от типа блока, пропускаемой нагрузки, числа нагрузочных групп и потерь сообщения. В среднем $\theta=0{,}65\div0{,}75$. Минимальная доступность в блоке *ГИ* равна $D_{мин}=\left(k_B-\frac{n_A}{f_{AB}}+1\right)q$, если $f_{AB}=1$, $\sigma_A>1$ или $f_{AB}=2$, $\sigma_A=1$. Для $f_{AB}=1$ $D_{мин}=(k_B-n_A+1)q$, поскольку $m_A=k_B$, а для $f_{AB}=2$ при $\sigma_A=1$ $D_{мин}=q$.

Математическое ожидание доступности определяется с помощью уравнений:

$$\bar{D}=(m_A-Y_m)q \text{ при } f_{AB}=1 \text{ и}$$

$$\bar{D}=\left(m_A-\frac{Y^2_m}{m_A-1}\right)\frac{q}{2} \text{ при } f_{AB}=2,$$

где Y_m — значение нагрузки, пропускаемой коммутатором звена A через n_A входов и m_A промежуточных линий блока:

$$Y_m=an_A.$$

Значение a является удельной нагрузкой на один вход блока *ГИ*. Если принять коэффициент $\theta=0{,}7$ и нагрузку на вход блока $a=0{,}4$ Эрл, то для односвязного блока *ГИ-3* получим

$$D_{эфф} = (1-\theta) D_{мин} + \theta \bar{D} = 0{,}3 \cdot 7{,}7q + 0{,}7 \cdot 14{,}68q = 12{,}59q.$$

При проектировании межстанционных связей для уменьшения затрат на соединительные линии повышают доступность для отдельных направлений на ступени *ГИ*. С этой целью используют для одного направления в каждом коммутаторе звена *В* две или три линии ($q=2$ или $q=3$). Увеличение параметра q с 2 до 3 позволяет уменьшить число СЛ на 4—7% в зависимости от величины Y_m.

Эффективная доступность в направлении зависит также от коэффициента расширения σ_A на звене *А*. При увеличении коэффициента расширения повышается число коммутаторов в звене *А* и снижается число входов в каждом коммутаторе этого звена. Поэтому возрастает количество коммутаторов звена *В*, доступных последнему свободному входу в коммутаторе звена *А*, т. е. увеличивается минимальная доступность. Результаты расчета структурных параметров и значений доступности для двух блоков *ГИ* с различными коэффициентами расширения на звене *А* приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БЛОКОВ *ГИ*

Виды блоков	σ_A	k_A	n_A	$D_{мин}$	$D_{эфф}$ при $\theta=0{,}7$ и $a=0{,}4$ Эрл	Число МКС $20\times20\times3$ в звене *В*
$80\times120\times400$	1,5	6	13,3	$7{,}7q$	$12{,}6q$	6
$80\times160\times400$	2	8	10	$11q$	$14{,}5q$	8

Однако при увеличении коэффициента расширения повышается число МКС в звене *В* и возрастает стоимость блока *ГИ*. Поэтому оптимальная величина σ_A зависит от стоимости коммутационного блока и линий, включаемых в выходы блоков *ГИ*. В зависимости от назначения ступени *ГИ* при разработке аппаратуры выбирается оптимальный коэффициент расширения σ_A.

Эффективная доступность и пропускная способность в направлении возрастают также при повышении связности в блоке вследствие уменьшения внутренних блокировок. Это объясняется тем, что в схеме двухсвязного блока *ГИ* коммутатор звена *А* соединен с каждым коммутатором звена *В* двумя промежуточными линиями и поэтому внутренние блокировки возникают лишь после занятия обеих этих ПЛ.

Следует указать, что при одинаковом числе точек коммутации бóльшее влияние на снижение внутренних блокировок оказывает увеличение коэффициента расширения σ_A, чем повышение связности f_{AB} в блоке. Поэтому коммутационные блоки *ГИ* с увеличенной связностью применяют лишь при невозможности эконо-

мично обеспечить заданные коммутационные параметры с помощью односвязной схемы.

В координатных АТС зарубежных систем, разработанных во Франции, Англии и Швеции, на базе МКС с увеличенной емкостью вертикалей (28, 40, 52 линии) используются крупные двухзвенные коммутационные блоки *ГИ*, имеющие емкость поля 500—1000 линий. В такие блоки можно включать большое число направлений с высокой доступностью. Поэтому в указанных системах АТС для внутреннего сообщения на станциях большой емкости используется только одна ступень *ГИ*. Каждый блок *ГИ* обслуживается двумя одновременно работающими маркерами. При использовании блоков *ГИ* с большим числом входящих линий сокращается число маркеров, но значительно повышаются требования к надежности и скорости их действия.

Коммутационные блоки на ступени абонентского искания

На ступени *АИ* при исходящем сообщении маркер осуществляет свободное искание. При таком режиме искания, как было рассмотрено в гл. 3, достаточно двух звеньев в коммутационных схемах.

При входящем сообщении на ступени *АИ* осуществляется линейное искание, и вход ступени должен быть подключен к определенной (вызываемой) абонентской линии. Для обеспечения небольших потерь сообщения нужно иметь возможность установления указанного соединения по одному из многих соединительных путей. Поэтому при линейном искании на ступени *АИ* используются три или четыре звена. В этом случае, как будет показано ниже, значительно повышается число путей, обеспечивающих соединение входа ступени *АИ* с вызываемой абонентской линией.

На рис. 6.9 приведены функциональная схема *(а)*, схемы группообразования *(б, в)* и коммутационные графы столинейного *(г, д)* трехзвенного коммутационного блока ступени *АИ*, в котором на всех звеньях используются МКС 20×10×6. На звене *А* при переходе от абонентских к промежуточным линиям предусмотрено сжатие с коэффициентом $\sigma_A = \frac{60}{100} = 0{,}6$. Между звеньями *А* и *В* применяется односвязная схема. При исходящем сообщении вызывающая абонентская линия через доступные ей шесть ПЛ и соответствующие коммутаторы звена *В* может быть подключена ко всем двадцати исходящим линиям в блоке. Такая возможность наглядно видна из схемы коммутационного графа для исходящего сообщения (рис. 6.9*г*). Число исходящих линий, доступных входу, зависит от количества установленных соединений в коммутаторе звена *А* и меняется от $D_{\text{макс}} = M_{\text{исх}} = 20$ до $D_{\text{мин}} = 0$. На рис. 6.9*в* в кружках с черточками, символизирующих вертикали МКС, указаны порядковые номера вертикалей МКС, а около этих кружков приведена нумерация промежуточных, исходящих или входящих линий. Нумерация МКС в блоке указана римскими цифрами.

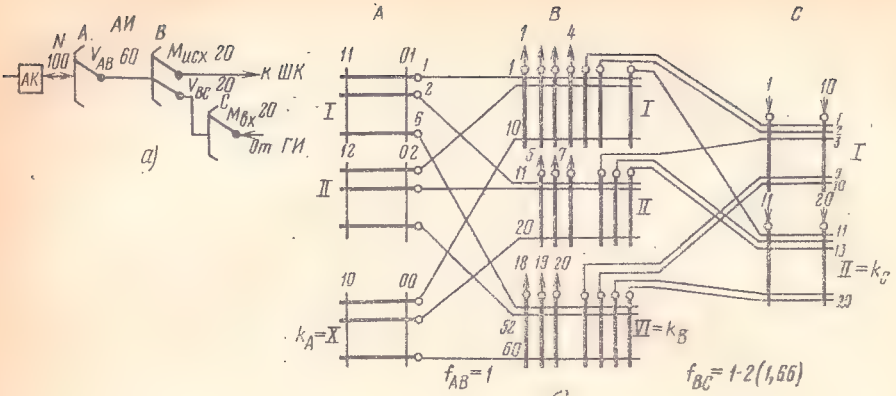
Обоснуем необходимость применения трех или четырех звеньев при входящем сообщении на ступени *АИ*. Если для входящего сообщения применить на ступени *АИ* двухзвенную схему, то соединение входящей линии, подключенной непосредственно к вертикали звена *В*, с вызываемой абонентской линией возможно лишь через одну ПЛ, соединяющую коммутаторы звеньев *В* и *А* (рис. 6.9*д*). Эта единственная линия, пригодная для установления соединения, может быть занята исходящим или входящим сообщением, поэтому на ступени *АИ* будут возникать большие потери при входящей связи.

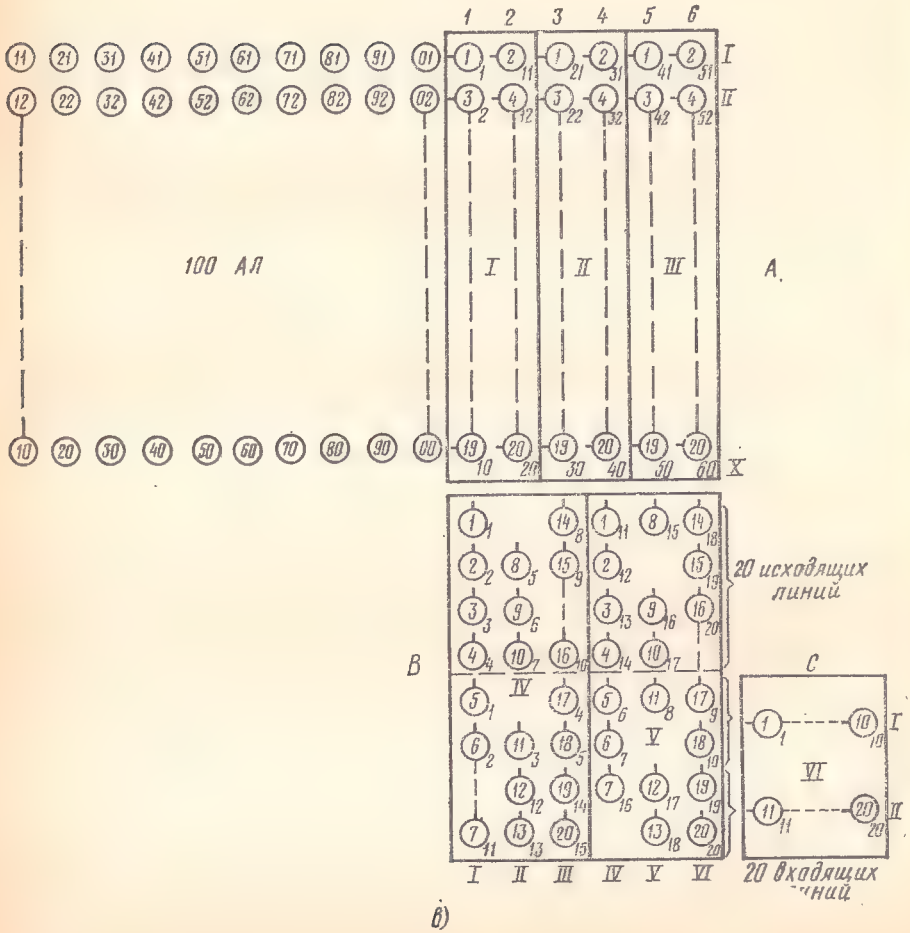
При использовании трехзвенной схемы блока *АИ* любая входящая линия, включенная в вертикаль звена *С*, может быть подключена к вызываемой абонентской линии через доступные ей десять промлиний $ПЛ_{BC}$ и шесть $ПЛ_{AB}$, что видно из схемы коммутационного графа для входящего сообщения, изображенного на рис. 6.9*д*. Между звеньями *С* и *В* предусмотрена связность $f_{BC}=$ $=1{,}66$, т. е. коммутатор звена *С* соединяется с каждым коммутатором звена *В* по одной или по двум промежуточным линиям. Из рис. 6.9*в* и *д* видно, что для соединения любого входа в звене *С*, например с абонентской линией *12*, могут быть использованы десять $ПЛ_{BC}$ *(1—10)* и шесть $ПЛ_{AB}$ *(2, 12, 22, 32, 42, 52)*. Всего получается десять различных соединительных путей. Таким образом при участии звена *С* повышается пропускная способность блока *АИ*, т. е. он может пропустить большую нагрузку при соблюдении установленных потерь сообщения.

В отечественных координатных системах АТСК и АТСК-У на ступени *АИ* при исходящем сообщении используются столинейные двухзвенные блоки *АВ* типа ПВПВ, которые комплектуются в тысячные абонентские группы с целью укрупнения пучка исходящих шнуровых комплектов *ИШК*. При этом каждый столинейный блок *АВ* является нагрузочной группой с доступностью $D_{макс}=20$ (рис. 6.10*а*). В системах АТСК и АТСК-У для входящего сообщения также образуется тысячелинейная абонентская группа для укрупнения пучка входящих шнуровых комплектов *ВШК*. При этом входящее сообщение осуществляется через четыре звена с использованием двухзвенных блоков *CD* и *АВ*.

Кроме десяти столинейных блоков *АВ* в каждой абонентской группе предусматриваются три-четыре блока *CD* в зависимости от количества необходимых входящих линий в группе. Абонентские блоки *АВ* используются как при исходящем, так и при входящем сообщении. Из схемы коммутационного графа для входящего сообщения (рис. 6.10*б*) видно, что вход блока *CD* может быть подключен к вызываемой абонентской линии через 20 $ПЛ_{CD}$, 20 ПЛ между блоками *CD* и *АВ* и через шесть $ПЛ_{AB}$, доступных абонентской линии. При таком большом числе возможных соединительных путей обеспечиваются небольшие потери сообщения при линейном искании в тысячелинейной абонентской группе.

Каждая абонентская линия на ступени *АИ* подключается параллельно в поле нескольких вертикалей МКС звена *А*. В отече-


АИ
N
100
A
V_{AB} 60
B
$M_{исх}$ 20
V_{BC} 20
C
$M_{вх}$ 20
АК
к ШК
От ГИ
а)
A
B
C
I
II
$k_A=X$
$f_{AB}=1$
$f_{BC}=1\text{-}2(1,66)$
VI=k_B
II=k_C
б)


100 АЛ
A
B
C
20 исходящих линий
20 входящих линий
I II III IV V VI
в)

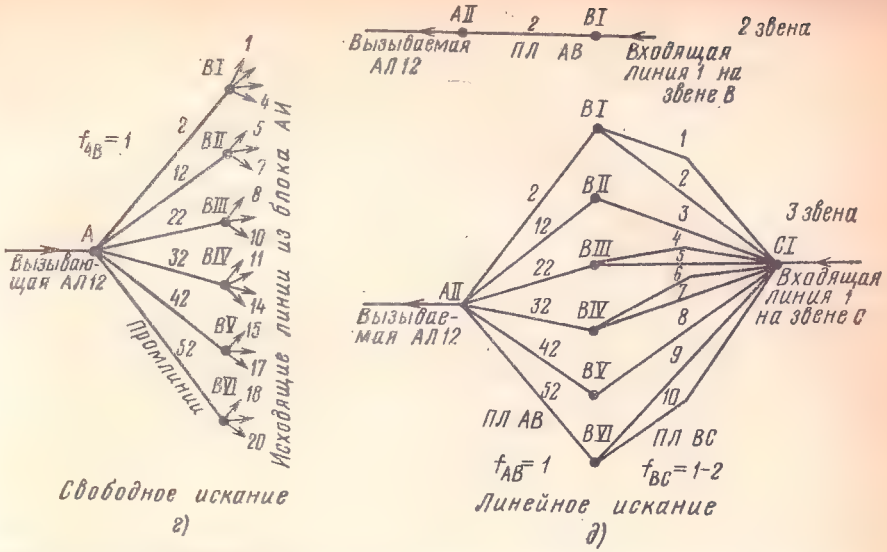


Рис. 6.9. Трехзвенный столинейный коммутационный блок ступени *АИ* 100×60×20/20:
а) функциональная схема; *б)* и *в)* схемы группообразования; *г)* коммутационный граф при исходящем сообщении; *д)* коммутационный граф при входящем сообщении

ственных системах АТСК абонентская линия включается в поле шести вертикалей и поэтому ей доступны шесть $ПЛ_{АВ}$. При включении абонентских линий в звене *А* можно применить один или два вида включения. Так, на рис. 6.9*в* использован только один вид включения, когда в каждую вертикаль любого из трех МКС включаются линии с одинаковыми цифрами единиц (например, *11, 21, ..., 91, 01*). Если во всех МКС звена *А* применяется один вид включения абонентских линий, то такое включение называется *прямым*. Оно простое по выполнению, но не обеспечивает хорошего использования $ПЛ_{АВ}$. Это объясняется тем, что при прямом включении десяти абонентским линиям доступно столько же $ПЛ_{АВ}$, сколько доступно одной абонентской линии, т. е. шесть. Так, десяти линиям с номерами *11, 21, ..., 01* доступны промежуточные линии *1, 11, 21, 31, 41* и *51*, подключенные к первым или вторым вертикалям МКСI, II, III. Поэтому для одного десятка абонентских линий можно осуществить при прямом включении одновременно не более шести соединений. Используя прямое включение, получают небольшие абонентские группы (по десяти линий), каждая из которых обслуживается мелким полнодоступным пучком из шести $ПЛ_{АВ}$.

Для повышения пропускной способности $ПЛ_{АВ}$ нужно образовать из них общий неполнодоступный пучок для всех ста абонентских линий, включенных в блок. При этом каждому десятку абонентских линий должно быть доступно более шести $ПЛ_{АВ}$. Та-

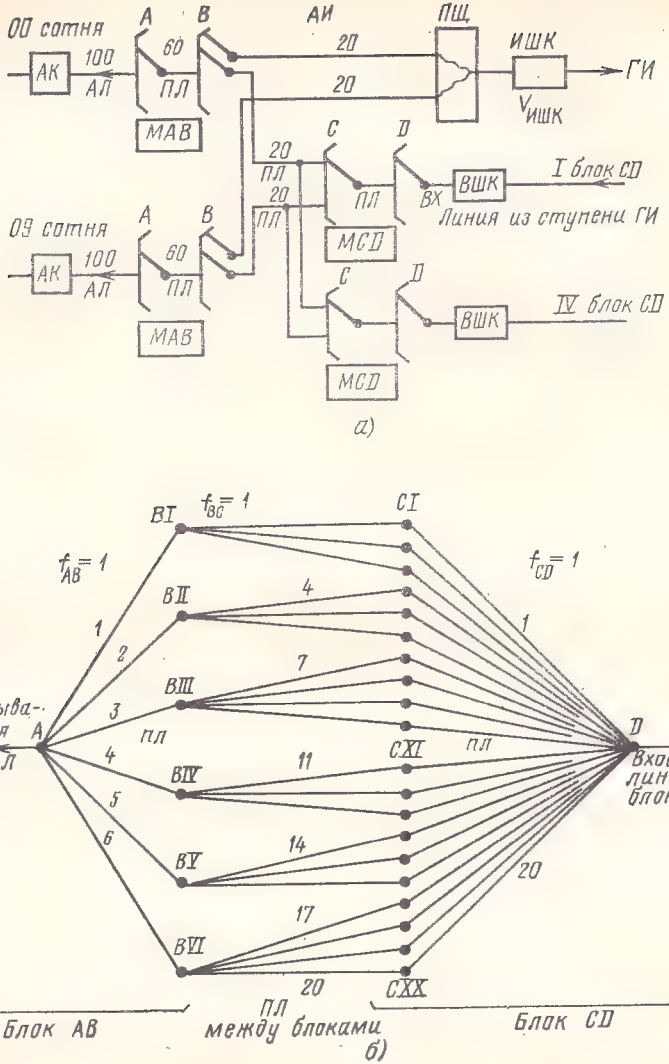
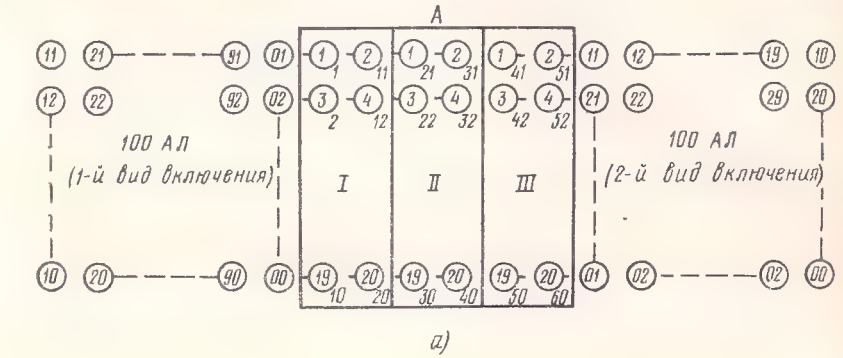


Рис. 6.10. Функциональная схема тысячелинейной абонентской группы на ступени *АИ* в системах АТСК и АТСК-У *(а)* и коммутационный граф при входящем сообщении *(б)*

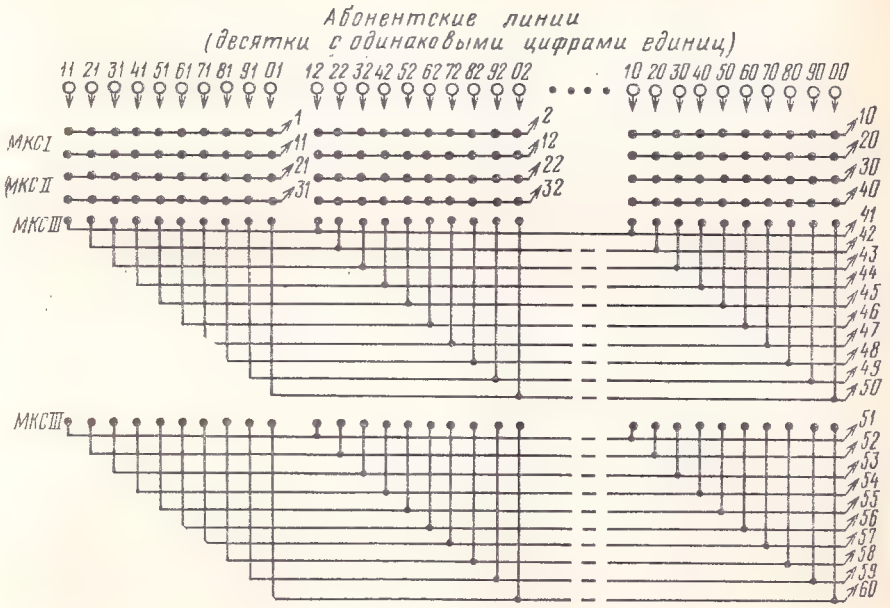
кая возможность получается с помощью *транспонированного,* т. е. перемещенного, включения абонентских линий. При простом транспонировании в звене *А* используются два вида включения абонентских линий. В этом случае МКС звена *А* делятся на две части с различными видами включения. Если в звене *А* три МКС, то в поле каждой вертикали МКСI и МКСII включаются, например, линии с одинаковыми цифрами единиц, а в поле каждой вертика-

ли МКСIII включаются абонентские линии с одинаковыми цифрами десятков.

Подобное транспонированное включение абонентских линий для блока *АВ* системы АТСК показано на рис. 6.11. Нумерация



а)



б)

Рис. 6.11. Звено *А* столинейного блока *АВ* в системах АТСК и АТСК-У: *а)* схема транспонированного включения абонентских линий; *б)* схема неполнодоступного включения промлиний *АВ*

абонентских линий для первого вида включения, примененного в вертикалях МКСI и II, указана на схеме слева, а нумерация второго вида включения, использованная в вертикалях МКСIII, при-

ведена на схеме справа (рис. 6.11*а*). Из рисунка видно, что для первого вида включения линии с одинаковыми цифрами единиц включены в поле двух вертикалей МКСІ и двух вертикалей МКСІІ. Номера этих абонентских линий помещены в кружках, расположенных горизонтально. При втором виде включения эти же абонентские линии с одинаковыми цифрами единиц как бы повернуты на 90° и помещены во все вертикали МКСІІІ. Кружки с с такими номерами расположены на рисунке вертикально. Отсюда и появилось название включения — транспонированное, т. е. перемещенное.

На рис. 6.11*б* приведена схема неполнодоступного включения $ПЛ_{АВ}$, на которой указаны десятки абонентских линий, имеющих одинаковые цифры единиц. Из этой схемы видно, что при транспонированном включении вместо десяти мелких полнодоступных пучков ПЛ обеспечивается получение общего неполнодоступного пучка из 60 ПЛ для обслуживания ста абонентов. Абонентская линия при таком включении является нагрузочной группой, которой доступны шесть промлиний. Всем десяти абонентским линиям с одинаковыми цифрами единиц доступны совместно четыре промежуточные линии. Так, абонентским линиям с номерами *11, 21, ...,01* доступны четыре $ПЛ_{АВ}$ с номерами *1, 11, 21, 31*. Кроме того, каждой абонентской линии из этого десятка доступны еще две линии, к которым имеют доступ также абонентские линии из других десятков. Например, абонентской линии *21* доступны, помимо указанных четырех $ПЛ_{АВ}$, еще 42-я и 52-я, к которым имеют доступ также АЛ с номерами *22, 23, 24, 29*. При транспонированном включении возрастает число $ПЛ_{АВ}$, доступных одному десятку абонентских линий. Так, для десяти АЛ с номерами *21, 22, ..., 20* доступны 42 ПЛ, а для десяти АЛ с номерами *11, 21, ...*, 01—24 ПЛ.

Таким образом, нагрузка, поступающая от десятков абонентских линий, смешивается и становится для $ПЛ_{АВ}$ более равномерной. В результате при транспонированном включении пропускная способность $ПЛ_{АВ}$ повышается примерно на 20%. По этой причине в координатных системах АТС широко используется транспонированное включение абонентских линий.

6.4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В подавляющем большинстве систем координатных АТС соединение между абонентскими аппаратами осуществляется последовательно по ступеням искания. На каждой ступени искания применяется обходный способ установления соединения. Выбор соединительного пути на ступени искания выполняют маркеры, которые занимаются лишь на время установления соединения. В большинстве координатных АТС предусматриваются индивидуальные маркеры для каждого коммутационного блока.

Рассмотрим процесс прохождения соединения при наличии индивидуального маркера. При поступлении на вход блока сигнала занятия маркер определяет номер вызывающего входа и в соответствии с выполняемой на данной ступени коммутационной задачей осуществляет свободное, групповое или линейное искание. Для выбора направления на ступенях *ГИ* и линий на ступени *АИ* маркер получает из регистра необходимую адресную информацию. Пробные цепи с целью выбора свободных и доступных промежуточных и исходящих линий осуществляются в обход коммутационного блока. После завершения функций искания маркер включает цепи электромагнитов МКС в каждом звене блока для соединения входа с найденным выходом, после чего освобождается.

Среднее время занятия маркера зависит от режима искания, числа принимаемых из регистра цифр, количества звеньев в блоке и доступности в направлении. Наименьшее время занятия имеет маркер при свободном искании (*РИ, АИ*$_{исх}$)—200—300 мс. Наибольшее время занят маркер при линейном искании (*АИ*$_{вх}$)—1000—1500 мс. На ступени *ГИ* среднее время занятия маркера составляет 550—650 мс.

Маркеры обслуживают вызовы, поступающие на входы блока, по системе с ожиданием. Доля задержанных вызовов $P(\gamma>0)$ может изменяться в зависимости от нагрузки маркера от нескольких процентов до 20—30%, а среднее время ожидания γ обычно не превышает 100—200 мс.

В некоторых системах координатных АТС употребляются групповые маркеры, обслуживающие все коммутационные блоки на одной ступени искания. Это повышает использование сложных маркеров. Для подключения группового маркера к одному из коммутационных блоков применяются многопроводные релейные подключающие устройства. Подобным образом работают маркеры на ступени междугородных соединений в отечественных системах АМТС большой емкости [3].

Если на ступенях искания используются большие коммутационные блоки на несколько сотен входящих или абонентских линий, то предусматривается установка двух совместно работающих маркеров для каждого блока *АИ* и *ГИ*.

В координатных системах АТС используется регистровое управление вынужденным исканием, когда информация о номере вызываемой абонентской линии принимается и запоминается регистром, который подключается к шнуровому комплекту на время приема и выдачи адресной информации. Накопленную адресную информацию регистр передает одним из удобных способов в маркеры, другие регистры или искатели АТСДШ.

При установлении соединения в координатных АТС регистр выдает адресную информацию, получая сигналы запроса из маркеров или других регистров. Передача информации из регистра может осуществляться различными способами (см. гл. 4).

С целью уменьшения времени занятия регистров и маркеров и ускорения соединения передача адресной информации и посылка управляющих сигналов осуществляются в координатных АТС кодированным способом.

В отечественных системах координатных АТС при взаимодействии регистров с маркерами используются три кода образования сигналов: полярно-числовой код (К-100/2000), многочастотный код (АТСК), многопроводной код (УПАТС, сельские АТС малой емкости, подстанции).

Источником сигнальных частот в системе АТСК служит общий электронный многочастотный генератор, а для приема частотных сигналов применяются электронные кодовые приемники *КП*. За каждым маркером закрепляется индивидуальный кодовый приемопередатчик *КПП*, а группа из 10—12 регистров обслуживается двумя *КПП*, которые используются регистрами лишь во время установления соединения при совместной работе с маркерами (рис. 6.12). Подключение свободного *КПП* к регистру осуществляет релейный маркер кодовых приемопередатчиков (*МКП*). При занятости всех *КПП*, доступных регистру, он ожидает освобождения одного из них. Кодовый приемопередатчик в системе АТСК (АТСК-У) состоит из электронного кодового приемника, приемных реле и релейного управляющего комплекта.

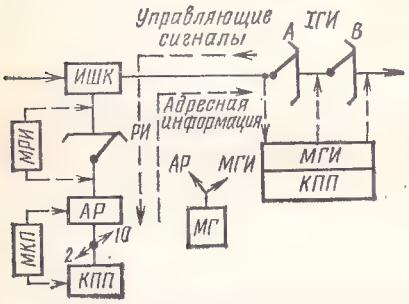


Рис. 6.12. Передача управляющих сигналов частотным способом (системы АТСК и АТСК-У)

С целью уменьшения времени занятия маркеров и коммутационных приборов установление соединения на ступенях *ГИ* и *АИ* в координатных АТС начинается только после окончания приема всего номера регистром. Если сохранить такие условия работы регистра при связи с декадно-шаговыми АТС, то для установления соединения потребуется в среднем 5—7 с, поскольку средняя длительность передачи батарейным способом одной серии импульсов с межсерийным временем составляет 1,5 с. Для устранения этого недостатка предусмотрено при связи с районными АТСДШ начинать установление соединения после приема абонентским регистром кода декадно-шаговой РАТС.

На координатных АТС и подстанциях малой емкости, где используется небольшое число маркеров и регистров, расположенных на одном или соседних стативах, целесообразно передавать адресную информацию из регистра в маркеры многопроводным способом — по десяти проводам для каждой цифры. В системах АТС малой емкости с одной ступенью искания (*АИ*) регистр, получив сигнал запроса из маркера, выдает адресную информацию одновременно о всех цифрах номера. Многопроводной способ передачи адресной информации обладает рядом преимуществ: не

нужны сложные кодовые приемопередатчики, обеспечивается высокая верность передачи информации, уменьшается время посылки сигналов. Многопроводной способ нашел применение не только на АТС малой емкости, он используется и в системе АТСК (АТСК-У) для передачи информации о последних двух цифрах из маркера блока *CD* в маркер блока *AB* с целью уменьшения числа *КПП* на АТС.

6.5. РЕГИСТРЫ

Классификация регистров

Регистры, применяемые в координатных системах АТС, предназначены для приема, подсчета и запоминания адресной информации о номере вызываемой абонентской линии и передачи этой информации в маркеры на ступенях искания, в другие регистры своей или встречной АТС и в искатели декадно-шаговых АТС.

Регистры, используемые на городских, сельских, учрежденческих и междугородных АТС, различаются по назначению, значности, т. е. по числу принимаемых цифр; способам приема и выдачи информации; способу подключения к приборам соединительного тракта и системе обслуживания вызовов. Классификация регистров АТС изображена на рис. 6.13.

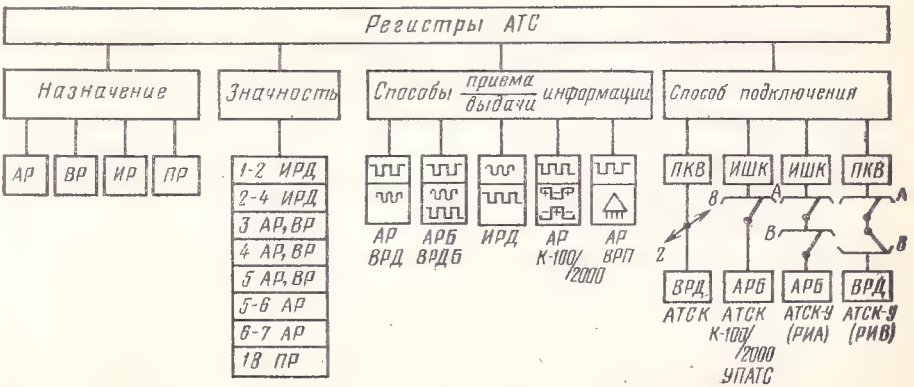


Рис. 6.13. Классификация регистров в координатных системах АТС

По назначению регистры делятся на абонентские *АР*, входящие *ВР*, исходящие *ИР*, промежуточные *ПР*.

Значность регистров зависит от системы нумерации, принятой на данной станции или телефонной сети. Для городских АТС используются 5-значные, 5—6-значные и 6—7-значные регистры. При этом имеется в виду, что при развитии ГТС временно допускается смешанная нумерация с различной значностью.

Во всех системах координатных АТС регистры принимают информацию из аппарата вызывающего абонента шлейфным способом декадными импульсами постоянного тока по проводам *a* и *b* путем размыкания и замыкания шлейфа абонентской линии. Входящие регистры на РАТС и подстанциях *ВРД, ВРП* получают информацию декадными импульсами батарейным способом раздельно по проводам *a* и *b*, исходящие регистры *ИРД* на РАТС и регистры АМТС осуществляют прием информации из других регистров переменным током тональной частоты по разговорным проводам. Адресная информация из абонентских и входящих регистров выдается в маркеры кодированным способом.

Для организации исходящей связи от координатных АТС к декадно-шаговым, когда необходимо передавать адресную информацию батарейным способом, во многих случаях экономично предусматривать в абонентских и входящих регистрах передатчик декадных импульсов *ПДИ* вместо использования дополнительных исходящих регистров *ИРД*. Регистры, обеспечивающие выдачу адресной информации двумя способами — частотным и батарейным, — имеют в обозначении букву «Б» (*АРБ, ВРДБ*).

Если на ГТС большинство районных АТС декадно-шаговой системы, то с целью уменьшения стоимости регистрового оборудования применяют абонентские регистры *АРБ*. Такая схема для

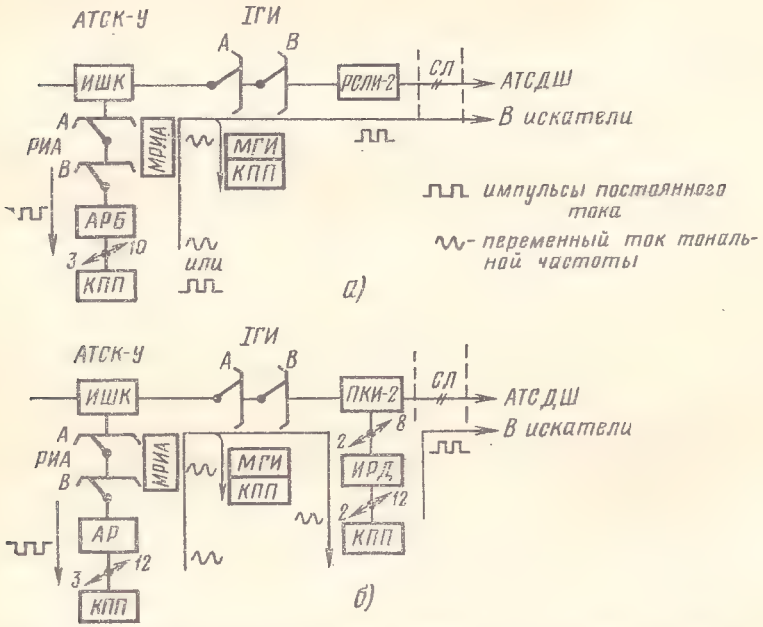


Рис. 6.14. Схемы соединительных трактов при исходящей связи от станции системы АТСК-У к районной АТСДШ:
а) использование регистров *АРБ*; *б)* использование регистров *АР* и *ИРД*

станции системы АТСК-У при 5-значной нумерации с указанием способов выдачи информации приведена на рис. 6.14*а*. Абонентский регистр после приема кода районной АТСДШ занимает маркер блока *ИГИ* и, получив запрос, выдает частотным способом код РАТС. Затем *МГИ* выбирает нужное направление, в нем свободную СЛ и посылает в *АРБ* управляющий сигнал «Выдать остальные цифры батарейным способом». При этом освобождается *КПП*, а с помощью *ПДИ* информация посылается батарейным способом о последних четырех цифрах номера (Т, С, Д, Е) в искатели АТСДШ.

Если на сети РАТС координатной системы более 80%, то неэкономично усложнять абонентские регистры, включая в их состав *ПДИ*. В указанных условиях целесообразно применять более простые абонентские регистры типа *АР*, а для немногочисленных СЛ к АТСДШ устанавливать *ИРД* (рис. 6.14*б*). После окончания набора всего номера *АР* выдает частотным способом первую цифру в *МГИ*, а остальные четыре цифры — в *ИРД*. Исходящий регистр по мере приема информации передает ее батарейным способом на АТСДШ. В рассмотренной схеме установление соединения начинается только после набора всего номера, чтобы уменьшить время занятия двух групповых *КПП* — в *АР* и в *ИРД*, которые участвуют при передаче информации частотным способом.

Регистры, как правило, подключаются к приборам соединительного тракта через однозвенную или двухзвенную ступень регистрового искания, выполняющую функцию свободного искания. Для подключения входящих регистров, принимающих информацию батарейным способом, не всегда можно использовать ступень *РИ*. Это объясняется тем, что входящий регистр (рис. 6.15), принимающий информацию из *ИГИ*, должен подключиться к соединительной линии за остаток межсерийного времени. Так, при 5-значной нумерации после окончания передачи первой серии импульсов в *ИГИ* отпускает серийное реле, осуществляется свободное искание и подключается СЛ. Для выполнения указанных процессов необходимо 500—600 мс. Если для подключения *ВРД* к СЛ предусмотреть однозвенную ступень *РИ* с релейным маркером, то для действия этой ступени потребуется еще примерно 200 мс. В этом случае входящий регистр будет подготовлен к приему адресной информации лишь через 700—800 мс после окончания предыдущей серии импульсов, а минимальное межсерийное время (когда абонент набирает очередную цифру 1) составляет 600 мс. Поэтому входящие регистры в системах АТСК и на координатных подстанциях «жестко» подключаются к соединительным линиям без ступени *РИ*. При этом на АТСК два входящих регистра закрепляются за восемью входящими подключающими комплектами *ПКВ*, которые выполняют функции подключения регистра и трехпроводного *РСЛ* (рис. 6.15*а*). Входящие регистры обслуживают поступающие вызовы с явными потерями и обратными блокировками *ПКВ*. Это означает, что при занятости обоих регистров, закрепленных за группой *ПКВ*, свободные приборы (соединительные линии)

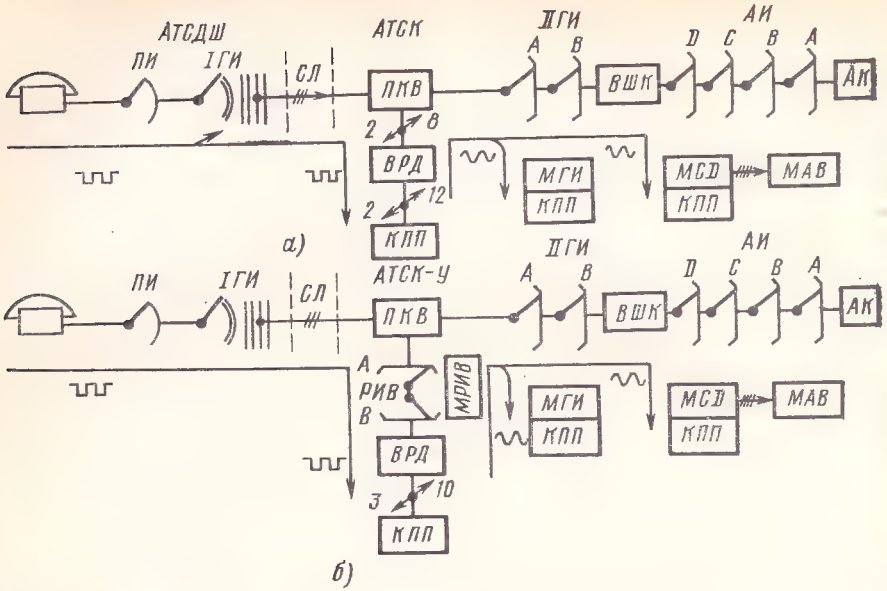


Рис. 6.15. Схемы соединительных трактов при входящей связи на координатную РАТС от АТСДШ:
а) подключение *ВРД* без ступени *РИ* (АТСК); *б)* подключение *ВРД* через ступень *РИВ* (АТСК-У)

блокируются от занятия. Поэтому приходится при расчете увеличивать число входящих СЛ от АТСДШ на 2—4% для компенсации свободных, но недоступных соединительных устройств. Среднее использование входящих регистров в мелких пучках на АТСК составляет лишь 0,2—0,3 Эрл.

Для устранения рассмотренных недостатков в усовершенствованной системе АТСК-У подключение входящих регистров предусматривается через двухзвенную ступень *РИВ* типа ПВВП (рис. 6.15*б*) с применением электронного маркера, который обеспечивает время установления соединения не более 80 мс. При этом обслуживание вызовов происходит с явными потерями без обратных блокировок *ПКВ*. Благодаря укрупнению пучка среднее использование регистров повышается вдвое, а число соединительных линий из-за отсутствия обратных блокировок уменьшается.

Подключение абонентских регистров к шнуровым комплектам в координатных системах АТСК, АТС К-100/2000 и некоторых других осуществляется с помощью однозвенной ступени *РИ* (см. рис. 6.13), на которой используются коммутационные блоки на 20 входов и 5 выходов. В такой схеме пять абонентских регистров обслуживают двадцать исходящих шнуровых комплектов *ИШК* с обратными блокировками. Это означает, что *ИШК*, не имеющие доступа к свободным регистрам, становятся недоступными при свободном искании со стороны ступени *АИ*. Путем включения

ИШК одной абонентской группы в различные блоки *РИ* с обратной блокировкой обеспечивается полнодоступный пучок регистров по отношению к абонентским линиям обслуживаемых групп. Но при рассмотренном способе построения ступени *РИ* вследствие применения небольших пучков *АРБ* невозможно получить высокого использования абонентских регистров, которое составляет в системе АТСК примерно 0,6 Эрл. Кроме того, для создания обратной блокировки *ИШК* необходимо в пробную цепь включать большое число контактов, что снижает надежность действия аппаратуры. С целью устранения этих недостатков в усовершенствованной системе АТСК-У предусматривается двухзвенная ступень *РИА* с образованием крупного пучка абонентских регистров, обслуживающих 120—240 *ИШК* по системе с ожиданием без обратных блокировок. В результате этого среднее использование абонентских регистров повышается до 0,8 Эрл. Увеличивается также использование *ИШК* из-за отсутствия обратных блокировок.

В отличие от других систем координатных АТС на сельских станциях системы К-50/200, абонентские регистры подключаются не к *ШК*, а непосредственно к абонентским комплектам *АК*. Это сделано для уменьшения проводности на ступени абонентского искания.

Рассмотренные регистры являются общими приборами, которые участвуют в установлении соединения в пределах всей сети или станции. Существуют другие координатные системы АТС, где вместо общих регистров используются регистры на ступенях искания. Каждый такой регистр закрепляется за несколькими входами блока и принимает 1—3 цифры, необходимые для установления соединения лишь в пределах одной ступени искания. Полученную информацию регистр передает в маркер, который должен установить соединение до посылки абонентом очередной серии импульсов. При таком построении АТСК общий объем регистрового оборудования увеличивается, но упрощается связь с АТСДШ.

Функциональная схема регистра

Рассмотрим назначение основных функциональных устройств в регистрах координатных АТС (рис. 6.16). Прямоугольниками на схеме обозначены различные функциональные устройства, а треугольниками показаны контактные пирамиды, используемые для выдачи адресной информации. Взаимодействие функциональных устройств обозначено стрелками.

Устройство занятия УЗ регистра состоит из реле, которые срабатывают при подключении регистра к шнуровому или подключающему комплекту. Это устройство обеспечивает подготовку регистра к приему адресной информации и посылку вызывающему абоненту (в абонентских регистрах) сигнала «Ответ станции».

Устройство приема информации УПИ осуществляет прием импульсов постоянного тока или тональных частот. В абонентских и входящих регистрах оно состоит из импульсного и серийных реле.

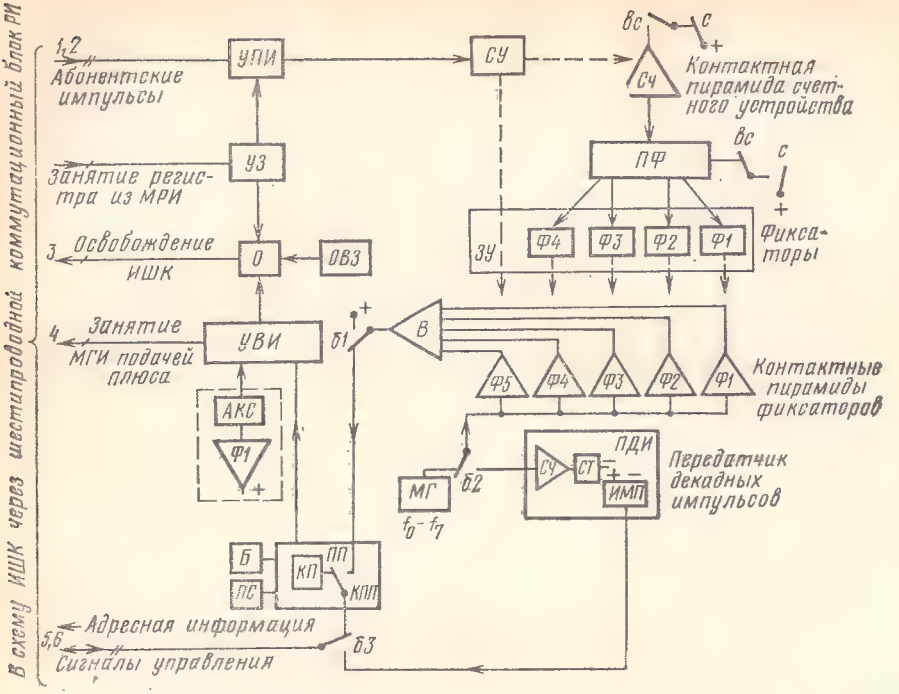


Рис. 6.16. Структурная схема пятизначного абонентского регистра *АРБ* с выдачей адресной информации частотным или батарейным способами

Последние необходимы для создания цепей выдачи информации из счетного устройства в определенный фиксатор после окончания серии импульсов.

Счетное устройство СУ применяется для подсчета числа декадных импульсов в каждой серии и управляется контактом импульсного реле. С этой целью состояние реле счетного устройства изменяется при каждом отпускании и срабатывании импульсного реле.

Запоминающее устройство ЗУ состоит из четырехрелейных фиксаторов цифр *Ф*, число которых на единицу меньше значности абонентского номера, потому что последнюю цифру номера запоминает счетное устройство. Информация о набранной цифре передается в запоминающее устройство за межсерийное время. Пирамиды, построенные из контактов фиксирующих реле, используются для выдачи накопленной информации.

Переключатель фиксаторов ПФ необходим для поочередного подключения фиксаторов к счетному устройству. Он представляет собою релейный переключатель, управляемый контактами серийных реле *С* и *ВС*. В начале каждой серии импульсов, когда срабатывает реле *С*, *ПФ* переходит в следующее положение, подготавливая цепь очередного фиксатора.

Устройство выдачи информации УВИ состоит из выдающих реле, образующих переключатель, который по сигналам, получаемым из маркера или исходящего регистра, меняет свое положение и обеспечивает выдачу затребованной цифры. При этом контактами выдающих реле подключается контактная пирамида соответствующего фиксатора.

Передатчик декадных импульсов ПДИ применяется в регистрах *АРБ, ВРДБ* и *ИРД*. Он служит для выдачи адресной информации батарейным способом в приборы АТС декадно-шаговой системы либо во входящие регистры УАТС и подстанций.

Устройство для переключения на батарейный способ выдачи информации *Б* по сигналу из маркера подключает *ПДИ* к выходам контактных пирамид фиксаторов и к проводам передачи управляющих сигналов. При этом в регистрах системы АТСК (АТСК-У) вместо кодового приемопередатчика *КПП* и многочастотного генератора *МГ* подключается *ПДИ*.

Освобождающее устройство О обеспечивает немедленное освобождение регистра при отбое со стороны вызывающего абонента на любом этапе установления соединения.

Устройство ограничения времени занятия ОВЗ освобождает регистр при занятии его без набора номера свыше 20—40 с. Регистр *АРБ* АТСК освобождается также после набора номера, если абонент наберет неиспользуемую на данной сети первую цифру.

Устройство повторного установления соединения ПС применяется в абонентских и входящих регистрах системы АТСК (АТСК-У) для освобождения занятых соединительных устройств в сторону вызываемой линии и осуществления второй попытки установления соединения. Это устройство включается, если регистр в течение 3—4 с после занятия маркера не получает от него сигнала запроса или получает сигнал «Отсутствие свободных соединительных путей». В системе АТСК-У повторное установление соединения предусматривается также при получении из маркера управляющего сигнала «Отсутствие частотной информации». Наличие такой возможности снижает потери сообщения для абонентов, так как при втором соединении вследствие использования в маркерах переключателей преимущества занимаются другие соединительные пути.

Анализатор кода станции АКС необходим для уменьшения времени установления соединения при связи к районным АТС декадно-шаговой системы, когда адресная информация выдается батарейным способом. В случае набора абонентом кода декадно-шаговой РАТС абонентский регистр по сигналу из *АКС* занимает маркер *ИГИ*, не дожидаясь окончания набора всего номера. При 5-значной нумерации устройство *АКС* размещается в каждом абонентском регистре. Если коды РАТС двух- или трехзначные, то в системе АТСК используются групповые *АКС*, каждый из которых обслуживает 30 *АРБ*.

Рассмотрим последовательность работы функциональных устройств в регистре *АРБ* системы АТСК при 5-значной нумерации.

Этот регистр подключается к *ИШК* через шестипроводную однозвенную ступень *РИ*. По проводам *1* и *2* принимаются абонентские импульсы, провод *4* необходим для занятия маркеров блоков *ГИ*, провода *5* и *6* являются трактом для передачи управляющих сигналов и адресной информации, а провод *3* используется для сигнала освобождения, посылаемого в *ИШК*. Проба регистра и занятие его осуществляются по цепям из *МРИ*.

При вызове АТС маркер блока *АВ* занимает свободный *ИШК*, имеющий в данный момент доступ хотя бы к одному свободному *АРБ*. Затем исходящий шнуровой комплект занимает маркер блока *РИ*. Этот маркер определяет номер вызвавшего входа, выбирает свободный регистр, доступный этому входу, включает цепь занятия и присоединяет регистр к *ИШК* через блок *РИ*. После этого вызывающий абонент из регистра получает сигнал «Ответ станции».

При наборе абонентом номера каждая серия импульсов принимается импульсным реле и передается в счетное устройство *СУ*, в котором состояния реле меняются по мере поступления серии импульсов. При первом импульсе срабатывает серийное реле *С*, а вслед за ним — замедленное вспомогательное реле *ВС*. После окончания серии импульсов, когда отпускает серийное реле *С*, но еще не успело отпустить реле *ВС*, через контактную пирамиду счетных реле *Сч* создается цепь для срабатывания одного или двух реле в соответствующем фиксаторе. Этим обеспечивается запоминание набранной цифры. При отпускании реле *ВС* счетное устройство *СУ* освобождается и готово к приему информации о следующей цифре номера.

В начале каждой серии импульсов, когда срабатывает реле *С*, но еще не успело сработать замедленное реле *ВС*, переключатель фиксаторов *ПФ* переходит в новое положение, подготавливая очередной фиксатор *Ф*. Последнюю цифру запоминает само счетное устройство.

В 5-значном абонентском регистре после фиксации первой цифры кода РАТС происходит ее анализ. Если анализатор кода станции установит, что набранный код принадлежит декадно-шаговой районной АТС, то подключается с помощью маркера кодовых приемников *МКП* свободный кодовый приемопередатчик *КПП* и создается подачей плюса по проводу *4* цепь занятия маркера *ГИ*. С этого момента начинается установление соединения, а параллельно продолжается прием остальных цифр номера. Если же набран код координатной АТС, то установление соединения начинается только после приема всех цифр номера.

Выдача регистром каждой цифры адресной информации происходит при получении сигнала запроса из маркера. Эти сигналы принимаются *КПП* и передаются в устройство выдачи информации *УВИ*. Очередность выдачи цифр определяется состоянием переключателя (контактной пирамиды *В*) устройства выдачи информации. В зависимости от сигнала, полученного из маркера, подключается соответствующая контактная пирамида фиксации.

В исходном положении в *КПП* подключен кодовый приемник *КП*. При занятии маркера блока *ГИ* регистр получает из этого маркера управляющий сигнал «Передать первую цифру частотным способом». В ответ на этот сигнал устройство выдачи информации *УВИ* подключает первую контактную фиксирующую пирамиду *1Ф*, а в схеме *КПП* к тракту передачи сигналов вместо кодового приемника присоединяется передающее устройство. При этом создается на 40—50 мс цепь посылки в маркер из многочастотного генератора *МГ* двухчастотного сигнала, соответствующего первой цифре набранного номера.

Если в процессе установления соединения из маркера передается сигнал «Выдать следующую цифру частотным способом», то *УВИ* через пирамиду *В* подключает контактную пирамиду очередного фиксатора. При поступлении из маркера сигнала «Повторить ранее переданную цифру частотным способом» переключатель выдачи информации не меняет своего положения и ранее выданный из регистра сигнал повторяется.

После передачи из регистра в маркер блока *CD* ступени *АИ* последних трех цифр номера и установления соединения с вызванной абонентской линией, если последняя свободна, в регистр поступает сигнал об окончании соединения. В ответ регистр посылает сигнал подтверждения полученной информации. Получив этот сигнал, *УВИ* включает освобождающее устройство, а последнее посылает в *ИШК* сигнал освобождения. Комплект *ИШК* освобождает регистр, обрывая шлейф приема импульсов (провода *1* и *2*).

При установлении соединения к декадно-шаговой районной АТС после выбора на первой ступени *ГИ* соединительного пути из *МГИ* в регистр поступает сигнал «Передать следующие цифры батарейным способом». В регистре работает устройство переключения на батарейный способ выдачи информации *Б*. Последнее отключает (контактом *б1*) вход контактной пирамиды реле *В* от *КПП* и подключает его к плюсу батареи. На выходы фиксирующих контактных пирамид вместо многочастотного генератора *МГ* подключается (контактом *б2*) контактная пирамида счетных реле *Сч* передатчика декадных импульсов *ПДИ*. Провода передачи сигналов отключаются (контактом *б3*) от *КПП* и присоединяются к *ПДИ*. Декадные импульсы посылаются с частотой 10 имп/с при межсерийном времени 600—800 с. По окончании передачи последней цифры батарейным способом регистр освобождается.

В абонентских или входящих регистрах, выдающих информацию только частотным способом, не нужны передатчик декадных импульсов *ПДИ* и устройство для перехода на батарейный способ выдачи информации *Б*.

Значительно упрощается структурная схема регистра при выдаче адресной информации в маркеры многопроводным способом. На рис. 6.17 изображена структурная схема такого абонентского трехзначного регистра. Подобный *АР* используется на АТС К-50/200, где он передает адресную информацию о трех цифрах в маркер блока *АИ*.

После приема и запоминания регистром всех трех цифр номера занимается маркер, если он свободен. Маркер посылает сигнал о выдаче адресной информации, подавая плюс на входы всех трех контактных фиксирующих пирамид. В зависимости от принятых регистром цифр плюс в каждой пирамиде фиксаторов через контакты реле будет подключен к одному из десяти проводов. В этих цепях выдачи информации сработают в маркере соответствующие реле сотен, десятков и единиц, которые зафиксируют номер вызы-

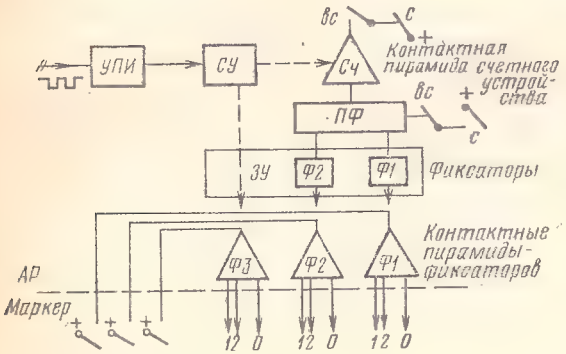


Рис. 6.17. Структурная схема трехзначного абонентского регистра *АР* с выдачей адресной информации в маркер многопроводным способом

ваемой абонентской линии. После этого регистр освобождается. Таким образом, при многопроводном способе выдачи информации упрощается устройство регистра и уменьшается время выдачи цифр. Однако число проводов для передачи адресной информации будет большим. В рассмотренном трехзначном регистре их будет 30.

Для приема импульсов постоянного тока в регистрах *АР* и *ВР* используются импульсное и серийные реле, а подсчет числа импульсов в каждой серии производится счетным устройством *СУ*. Последнее управляется контактом импульсного реле *И* и поэтому меняет свое состояние при каждом срабатывании и отпускании этого реле. Таким образом, число тактов действия *СУ* вдвое больше числа поступающих импульсов. Поскольку максимальное число импульсов при наборе цифры равно 10, *СУ* должно обеспечивать не менее 20 состояний.

Определим минимальное число реле, необходимое для построения счетного устройства. Реле является двоичным коммутационным прибором, т. е. имеет два состояния — рабочее (*1*) и покоя (*0*). Схема из двух реле может иметь четыре состояния, а при трех реле число состояний схемы повышается до восьми. В общем виде число состояний релейной схемы определяется выражением $S=2^n$, где *2* — основание степени — соответствует числу состояний применяемого коммутационного прибора, а показатель степени n — число приборов (реле) в схеме.

Для получения необходимых двадцати состояний в *СУ* должно быть не менее пяти реле ($S=2^5=32$). Для упрощения счетного

кода и счетной контактной пирамиды в регистрах широко используется шестирелейное счетное устройство. Во многих регистрах применяется, например, кольцевое счетное устройство, имеющее простой счетный код (табл. 6.4). В этой схеме первые пять импульсов подсчитываются с помощью реле *Р1—Р5*, а при подсчете серии из 6—10 импульсов еще раз (по кольцу) действуют реле *Р1—Р5*, но участвует также реле *Р6*. Такая схема используется в абонентских регистрах сельских координатных АТС (К-100/2000, К-50/200).

Таблица 6.4

СЧЕТНЫЙ КОД В РЕГИСТРЕ АТС К-100/2000

Цифры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Код в счетном кольцевом устройстве	*Р1*	*Р2*	*Р3*	*Р4*	*Р5*	*Р1 Р6*	*Р2 Р6*	*Р3 Р6*	*Р4 Р6*	*Р5 Р6*

Существуют и другие схемы счетных устройств в релейных регистрах.

В абонентском и входящем регистрах системы АТСК для счета импульсов применяется шестирелейное счетное устройство, имеющее код, удобный для эксплуатации и построения счетной контактной пирамиды (табл. 6.5). Реле обозначены таким образом, что сумма индексов действующих реле соответствует числу принятых импульсов.

Таблица 6.5

СЧЕТНЫЙ КОД В РЕГИСТРЕ СИСТЕМЫ АТСК

Цифры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Код в счетном устройстве регистра	*Р1*	*Р2*	*Р3*	*Р0 Р4*	*Р1 Р4*	*Р2 Р4*	*Р0 Р7*	*Р1 Р7*	*Р2 Р7*	*Р3 Р7*

Запоминающее устройство в регистрах последовательно принимает из счетного устройства информацию о цифрах номера вызываемой абонентской линии и запоминает ее с помощью фиксаторов. Последняя цифра номера обычно фиксируется самим счетным устройством, и поэтому число фиксаторов в регистре на единицу меньше значности абонентской нумерации. Поскольку каждая цифра номера может иметь десять значений 1, 2, ..., 9, 0, то схема фиксатора должна обеспечивать не менее 10 различных состояний. Поэтому каждый фиксатор состоит из $n=4$ реле, что обеспечивает 16 состояний. Из них шесть состояний не используются. Применяемая нумерация фиксирующих реле позволяет легко оп-

ределить запоминаемую цифру путем суммирования индексов сработавших реле. Лишь для цифры 0 это условие не выполняется.

Рассмотрим построение фиксатора цифры на примере регистра системы АТСК. В табл. 6.6 указан фиксирующий код, а на рис. 6.18 приведена схема фиксатора и контактной пирамиды счетного устройства. В схеме фиксатора используются реле *Ф1*, *Ф2*, *Ф4* и *Ф7*.

Таблица 6.6

ФИКСИРУЮЩИЙ КОД В РЕГИСТРЕ СИСТЕМЫ АТСК

Цифры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Код фиксации	*Ф1*	*Ф2*	*Ф1* *Ф2*	*Ф4*	*Ф1* *Ф4*	*Ф2* *Ф4*	*Ф7*	*Ф1* *Ф7*	*Ф2* *Ф7*	*Ф4* *Ф7*

После окончания серии импульсов, на время замедленного отпускания вспомогательного серийного реле *ВС*, плюс подключается к вершине счетной контактной пирамиды и создается цепь для срабатывания в схеме фиксатора одного или двух реле в соответствии с кодами фиксации цифры. Каждое из сработавших фикси-

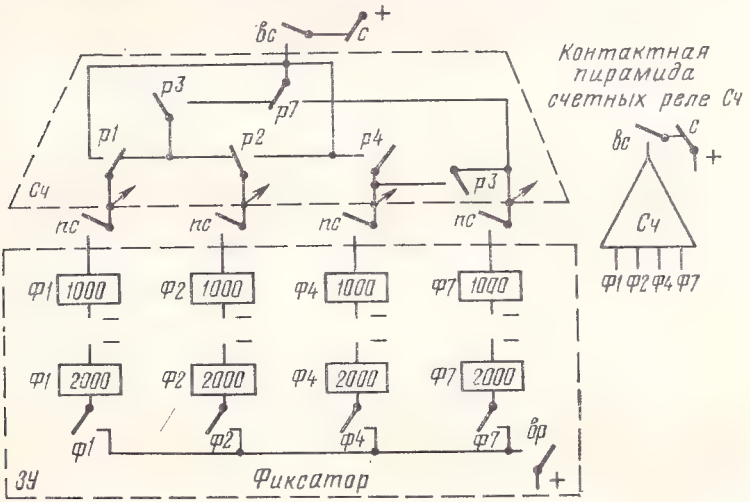


Рис. 6.18. Фиксатор и контактная пирамида счетного устройства абонентского регистра системы АТСК

рующих реле удерживает второй обмоткой. Обычно фиксирующие реле обозначаются двухзначными индексами (*Ф11*, *Ф51*), где первая цифра указывает порядковый номер фиксатора, а вторая цифра является индексом самого реле.

Информация из регистра выдается с помощью схем, — контактных пирамид, построенных на контактах фиксирующих или счетных реле (для последней цифры). Контактная пирамида фиксатора может иметь на выходе четыре, пять, шесть или десять проводов в зависимости от способа и направления выдачи информации. Так, в регистре *АРБ* системы К-100/2000 информация в *КПП* выдается по шести проводам. В регистрах системы АТСК пирамида фиксатора подключается пятью проводами к многочастотному генератору и в зависимости от состояния фиксирующих реле формирует один из десяти двухчастотных сигналов, который через передающее устройство *КПП* направляется в маркер или регистр *ИРД*. На рис. 6.19 показана схема контактной пирамиды фикса-

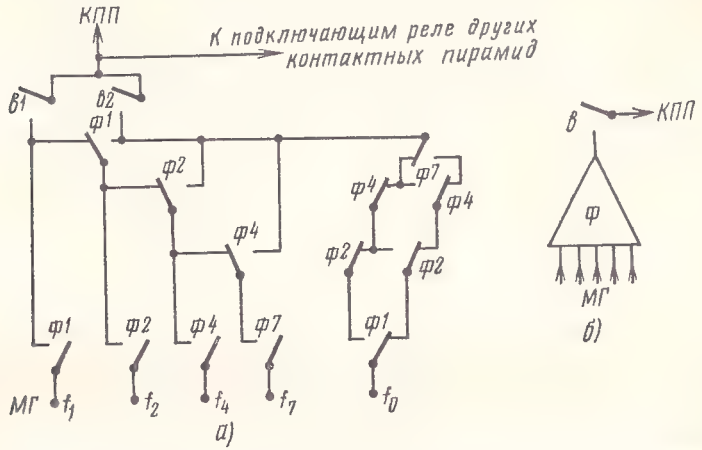


Рис. 6.19. Контактная пирамида фиксатора регистра *АРБ* системы АТСК для выдачи информации двухчастотным сигналом:
а) принципиальная схема; *б)* структурная схема

тора *АРБ* системы АТСК. Пирамида каждого фиксатора подключается к *КПП* контактами соответствующего реле *В* устройства выдачи информации. Многочастотный код «2 из 5», применяемый в системе АТСК, указан в табл. 4.2.

При посылке управляющего сигнала батарейным способом декадными импульсами пирамиды фиксаторов по очереди подключаются четырьмя проводами к счетному устройству передатчика декадных импульсов и обеспечивают соответствие числа посылаемых импульсов с зафиксированной цифрой.

На АТС малой емкости и на координатных подстанциях, где информация выдается для каждой цифры по десяти проводам, контактная пирамида фиксатора выполняет роль дешифратора, преобразующего примененный код фиксации в декадный сигнал. На рис. 6.20 приведена схема одного дешифратора входящего регистра *ВРП* координатной подстанции ПСК-1000. Этот дешифра-

тор построен на контактах фиксирующих реле *Ф1, Ф2, Ф4* и *Ф8*. Код фиксации указан рядом со схемой.

Передатчик декадных импульсов *ПДИ* используется в регистрах *АРБ, ВРДБ* и *ИРД* системы АТСК для посылки декадных импульсов постоянного тока батарейным способом в искатели декадно-шаговых АТС и в регистры координатных УАТС и подстанций. Такой передатчик экономично применять в абонентских и

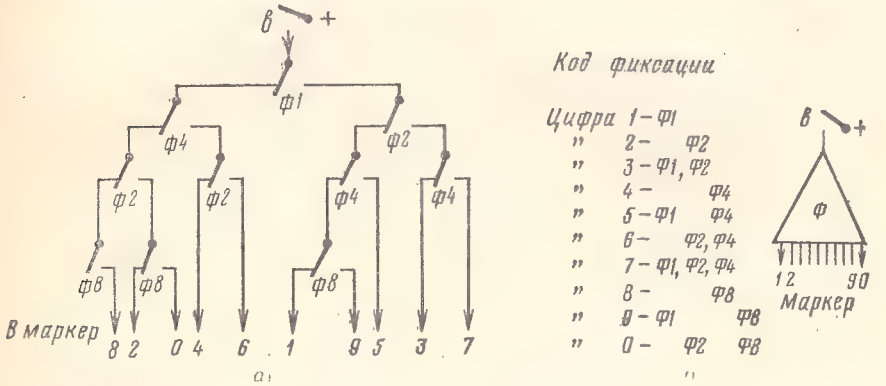


Рис. 6.20. Контактная пирамида фиксатора регистра для выдачи информации в маркер многопроводным способом (подстанция ПСК-1000):
а) принципиальная схема; *б*) структурная схема

входящих регистрах, если возникающее при этом увеличение их стоимости меньше затрат на установку исходящих регистров *ИРД*. На сельских координатных АТС системы К-100/2000 также применяются регистры *АРБ* с передатчиками декадных импульсов.

Передатчик декадных импульсов в регистрах АТСК и К-100/2000 насчитывает 12 реле и состоит из следующих устройств (рис. 6.21*а*): двухрелейного четырехтактного импульсника (реле *ДИ1* и *ДИ2*); счетного устройства декадных импульсов для выдачи числа импульсов, соответствующего зафиксированной цифре (шесть реле *Р1—Р0*); стопорного реле *СТ*, которое при отпускании прекращает передачу импульсов; формирователя межсерийного интервала времени (реле *ВИ*) для обеспечения межсерийного времени $t_{мс} = 600 \div 800$ мс; реле контроля линий *КЛ*, срабатывающего при подключении на встречной станции приемного импульсного реле. С целью переключения цепей при выдаче адресной информации батарейным способом в регистре используется реле *Б*.

После получения кодовым приемником сигнала из маркера о переходе на выдачу адресной информации батарейным способом в устройстве выдачи информации срабатывает определенное выдающее реле *В* и подключает контактную пирамиду соответствующего фиксатора.

К проводам *а* и *b* тракта передачи сигналов контактом *б1* реле *Б* подключается контрольное реле *КЛ*, срабатывание которо-

го свидетельствует о готовности импульсного реле в приборе встречной АТС к приему серии импульсов. Кроме того, реле *Б* подключает выходы фиксирующей пирамиды запоминающего устройства к контактной пирамиде счетных реле *ПДИ*, на входе которой находится стопорное реле *СТ*. Последнее срабатывает че-

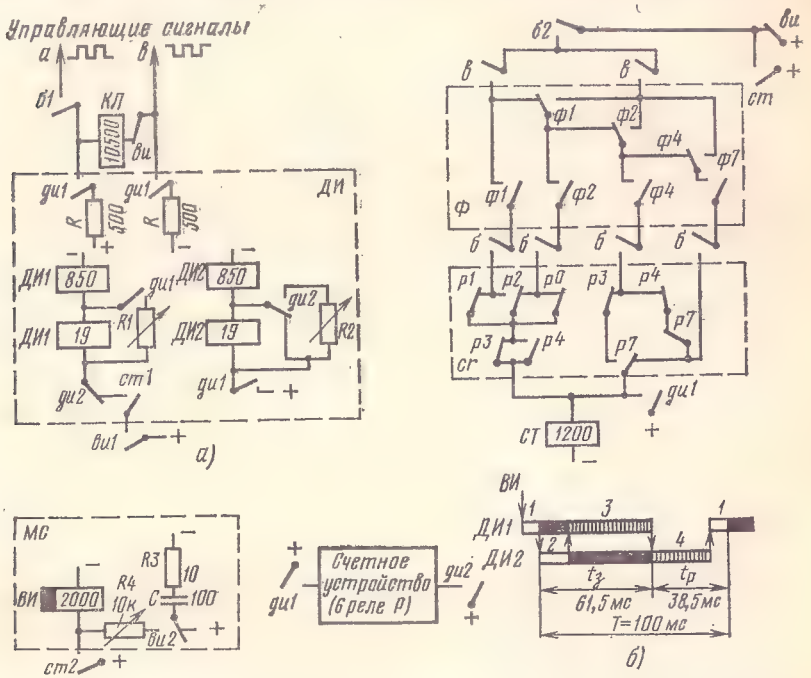


Рис. 6.21. Передатчик декадных импульсов *ПДИ* в регистре системы АТСК:
а) упрощенная принципиальная схема; *б)* график действия релейного импульсника

рез контакты действующих в фиксаторе реле и контакты еще не работающих реле счетного устройства *ПДИ*. Сработавшее реле *СТ* удерживает через свой контакт и включает реле *ВИ*. Реле *ВИ* включает четырехтактный импульсник, состоящий из двух реле *ДИ1* и *ДИ2*, который посылает импульсы по проводам *а* и *b*. Настройка частоты посылки импульсов производится изменением времени отпускания реле *ДИ1* и *ДИ2* с помощью переменных резисторов *R1* и *R2*.

График действия реле импульсника приведен на рис. 6.21*б*. Импульсы, генерируемые импульсником, поступают и в счетное устройство *ПДИ*, действие которого аналогично работе подобной схемы, служащей для подсчета абонентских импульсов. Когда число импульсов, принятое счетным устройством, совпадает с зафиксированной цифрой, то контактами счетных реле *Р1—Р7*

обрывается цепь стопорного реле *СТ*. После отпускания реле *СТ* выключается импульсник и обрывается цепь реле *ВИ*. На этом оканчивается посылка серии импульсов. Реле *ВИ* имеет увеличенное время отпускания, определяемое временем разряда конденсатора 100 мкФ через обмотку реле и переменный резистор *R4*. Этим обеспечивается необходимая длительность межсерийного времени порядка 600—800 мс. Контактами реле *СТ* и *ВИ* создается цепь перехода устройства выдачи информации в следующее положение. Начинается посылка очередной серии импульсов. После выдачи последней серии импульсов регистр освобождается.

Практика эксплуатации регистров системы АТСК показала, что параметры импульсов, посылаемых *ПДИ*, и длительность межсерийного времени не являются постоянными и требуется периодическая настройка. Поэтому в усовершенствованной системе АТСК-У для повышения надежности действия и снижения затрат на эксплуатацию оборудования применили в *ПДИ* регистров электронный датчик импульсов и межсерийного интервала времени *ЭДИ*.

Упрощенная схема *ЭДИ*, используемая для передатчика декадных импульсов в регистрах *АРБ* и *ВРДБ* системы АТСК-У, изо-

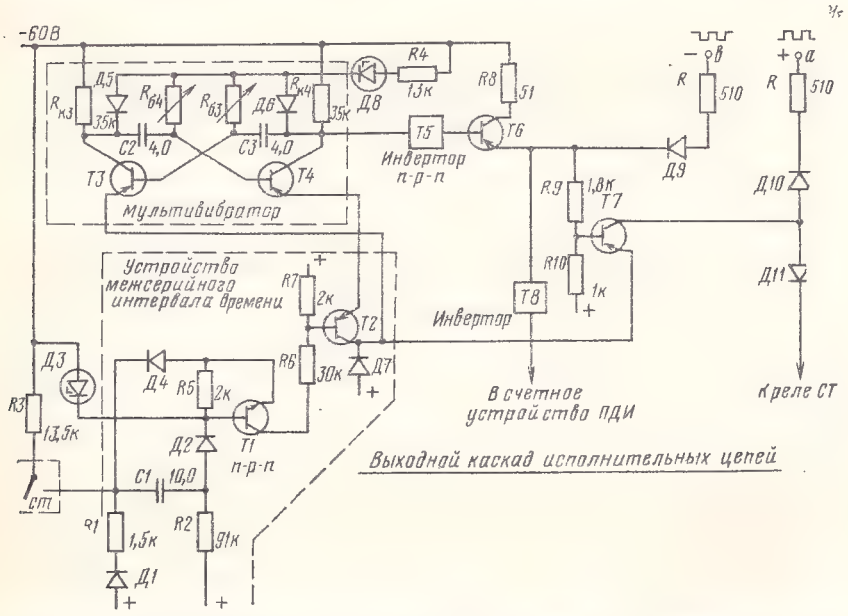


Рис. 6.22. Электронный датчик импульсов и устройство межсерийного интервала времени в регистре системы АТСК-У

бражена на рис. 6.22. Она состоит из трех частей: устройства межсерийного интервала времени на транзисторах *Т1* и *Т2*, обеспечивающего $t_{МО}=650\div800$ мс, генератора прямоугольных импульсов

на транзисторах *Т3* и *Т4* (мультивибратора), формирующего импульсы с длительностью $t_р = t_з = 50 \pm 5$ мс, и выходного каскада исполнительных цепей для передачи импульсов в АТСДШ и в счетное устройство *ПДИ*. Выходной каскад состоит из двух электронных ключей (*Т6* и *Т7*) и двух транзисторных инверторов (*Т5* и *Т8*). В схеме *ЭДИ* для *Т1* и *Т5* используются транзисторы КТ601А типа *n-p-n*, а в остальных схемах применены транзисторы МП26А типа *p-n-p*.

Управление действием электронного датчика импульсов осуществляется с помощью рабочего контакта стопорного реле *СТ*. Последнее для выдачи серии импульсов срабатывает через контактную пирамиду соответствующего фиксатора регистра и контактную пирамиду счетного устройства *ПДИ* (см. рис. 6.21). При срабатывании стопорного реле в электронном датчике сначала обеспечивается межсерийный интервал времени 650—800 мс, а затем начинается посылка серии импульсов. Из схемы *ЭДИ* импульсы батарейным способом передаются в приборы декадно-шаговых АТС или в регистры УАТС и подстанций, и одновременно импульсы направляются для контроля в счетное устройство ПДИ. Когда счетное устройство получит число импульсов, соответствующее зафиксированной в регистре цифре, то выключается цепь стопорного реле *СТ* и посылка серии импульсов прекращается. Затем снова срабатывает реле *СТ* и после межсерийного интервала времени посылается следующая серия импульсов.

Рассмотрим действие схемы *ЭДИ*. В исходном состоянии, когда контакт стопорного реле разомкнут, транзисторы межсерийного устройства *Т1* и *Т2* закрыты, так как на эмиттер *Т1* не подается минус батареи. При этом конденсатор *С1* заряжен по цепи: —60В, стабилитрон *Д3*, диод *Д2*, конденсатор *С1*, резистор *R1*, диод *Д1*, плюс. Когда срабатывает стопорное реле и замыкается его контакт *ст*, управляющий действием *ЭДИ*, конденсатор *С1* перезаряжается по цепи: —60 В, резистор *R3*, контакт реле *СТ*, *С1*, резистор *R2*, плюс. При этом конденсатор *С1* разряжается, а затем заряжается в противоположном направлении. В результате на базу транзистора *Т1* через диод *Д2* поступает положительный потенциал и транзистор *Т1* типа *n-p-n* открывается. Тогда отрицательный потенциал подается на базу транзистора *Т2* типа *p-n-p*, который переводится в режим насыщения и осуществляется пуск мультивибратора для посылки серии импульсов. Длительность межсерийного интервала определяется временем перезарядки конденсатора *С1*. Стабилитрон *Д3* поддерживает постоянство напряжения в цепи заряда конденсатора *С1*.

Настройка мультивибратора для обеспечения необходимых временных параметров импульсов ($t_р$ и $t_з$) осуществляется изменением величины сопротивлений $R_{б3}$ и $R_{б4}$ в базовых цепях транзисторов *Т3* и *Т4*. В исходном положении мультивибратора транзистор *Т3* открыт, а *Т4* закрыт из-за обрыва эмиттерной цепи. После окончания межсерийного интервала времени, когда открывается

транзистор *Т2*, на эмиттер *Т4* подается положительный потенциал через диод *Д7*. При этом *Т4* открывается, а *Т3* закрывается. Возникает автоколебательный режим работы мультивибратора. Постоянство напряжения в цепях заряда конденсаторов *С2* и *С3* поддерживается стабилитроном *Д8*. Импульсы, генерируемые мультивибратором, снимаются с коллектора транзистора *Т4* и подаются в выходной каскад через транзисторный инвертор *Т5* (транзистор типа *n-p-n*). Электронные ключи *Т6* и *Т7* при отпирании создают отрицательные и положительные посылки токов, подаваемые на провода *a* и *b* через резисторы с сопротивлением 510 Ом. В открытом положении транзистора *Т4*, когда емкость *С2* разряжается через $R_{б4}$ и $R_{кз}$, положительный потенциал с коллектора *Т4* поступает на базу транзистора *Т5* (типа *n-p-n*). Этот сигнал инвертируется, и минус подается на базу электронного ключа *Т6*. Последний открывается, а на провод *b* поступает отрицательный сигнал. Кроме того, через транзистор *Т6* подается минус на базу электронного ключа *Т7*, который также открывается и подает положительный сигнал на провод *a*. Длительность посылки импульса $t_з$ определяется временем разряда конденсатора *С2* и может при настройке *ЭДИ* изменяться подбором величины $R_{б4}$. В закрытом состоянии транзистора *Т4* электронные ключи *Т6* и *Т7* закрыты и обеспечивают требуемую длительность паузы $t_р$.

Одновременно с посылкой на встречную станцию серии декадных импульсов электронный ключ *Т6* подает через инвертор *Т8* положительные импульсы в контролирующее счетное устройство *ПДИ*. Кроме того, для сохранения нормальной длительности последнего импульса с коллектора *Т7* плюс поступает на обмотку реле *СТ*, что задерживает его отпускание. Декадные импульсы посылаются из регистра АТСК-У со средней частотой $f=10$ имп/с. При этом длительность импульса $t_з = 45 \div 50$ мс, а длительность паузы $t_р = 50 \div 55$ мс. Если принять $t_р = t_з = 50$ мс, то при емкостях в схеме мультивибратора $C2 = C4 = 4$ мкФ величины базовых сопротивлений равны $R_{б3} = R_{б4} = t_р/0{,}7\,C2 = 50 \cdot 10^{-3}/0{,}7 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 18$ кОм.

6.6. МАРКЕРЫ КООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ АТС

Назначение функциональных устройств

Маркеры в координатных системах АТС обслуживают коммутационные блоки и предназначены для создания цепей при выполнении вынужденного и свободного искания в процессе установления соединения на ступени искания. Схема маркера состоит из функциональных устройств, выполняющих определенные задачи. Рассмотрим назначение и функции различных функциональных устройств в маркерах.

Определитель входов ОВ необходим в каждом маркере для фиксации номера вызывающей входящей линии. Контактами реле определителя входов включаются цепи для пробы промежуточных линий, доступных вызвавшему входу. Кроме того, реле опре-

делителя входов подключают к входящей линии кодовый приемопередатчик (*МГИ, МАИ*) и участвуют в создании цепей включения электромагнитов МКС.

Абонентский определитель АО необходим только в маркере на ступени абонентского искания для определения при исходящей связи номера вызывающей абонентской линии в пределах коммутационного блока ступени *АИ*. В процессе входящего соединения абонентский определитель является фиксатором номера. Он принимает из регистра непосредственно или с помощью *КПП* информацию о последних двух цифрах номера вызванной абонентской линии. Реле абонентского определителя создают цепи для пробы промежуточных линий, которые доступны абонентской линии.

Пробное устройство ПУ является основным функциональным устройством во всех маркерах и предназначено для выбора промежуточной и исходящей линий. При звеньевом построении коммутационного блока *ПУ* осуществляет обусловленное искание, выбирая свободные исходящую и промежуточную линии, доступные вызывающему входу. Пробные реле совместно с реле определителей включает цепи электромагнитов МКС в звеньях блока для создания коммутационного тракта через выбранные промежуточную и исходящую линии.

Фиксатор направления ФН используется в маркере блока ступени группового искания для осуществления вынужденного искания. Он состоит из трех устройств — определителя значности кода направления *ОКН*, комплекта реле направлений *Н* и переключателя групп линий одного направления *ПГЛ*. Определитель значности кода обеспечивает возможность получения из регистра одной или нескольких необходимых цифр для выбора нужного направления. Реле направления подключает к пробному устройству группу исходящих линий выбранного направления для осуществления обусловленного искания. С помощью *ПГЛ* пробное устройство по очереди опробует группы из 20 линий, если доступность в направлении $D=40$ или 60.

Устройство пробы абонентской линии ПАЛ необходимо только в маркере блока ступени *АИ* для пробы вызываемой абонентской линии с целью определения одного из трех возможных состояний — линия свободна, занята местным или междугородным соединением.

Распределители преимущества РП используются во всех маркерах для изменения очередности занятия промежуточных и исходящих линий при одновременном испытании их пробным устройством. Кроме того, с помощью *РП* обеспечивается изменение порядка обслуживания входящих и абонентских линий при одновременном поступлении нескольких вызовов, чем достигается равномерное использование соединительных устройств и уменьшение влияния поврежденных линий. Схема *РП* является релейным переключателем, который меняет свое положение при каждом освобождении маркера.

Устройство ограничения времени занятия ОВЗ следит за длительностью занятия маркера и выполняет две функции: обеспечивает освобождение маркера при занятии его свыше времени, технически необходимого для установления соединения (0,6—2,5 с), и включает аварийную сигнализацию с выключением цепи занятия маркера, если возникают многократные последовательные отказы в установлении соединений по техническим причинам. В системе АТСК маркер при задержке соединения подключается к устройству автоматического контроля *УАК*, в котором записывается информация для определения причины непрохождения.

Кодовый приемопередатчик КПП входит в состав каждого маркера на ступенях группового искания и абонентского искания (за исключением маркера блока *АВ* АТСК).

Структурные схемы

Рассмотрим структурные схемы маркеров координатных АТС, обслуживающих коммутационные блоки на ступенях регистрового, группового и абонентского искания. Наиболее простую структурную схему имеет маркер, обслуживающий однозвенный коммутационный блок ступени *РИ* 20×5 (рис. 6.23). При занятии шнуро-

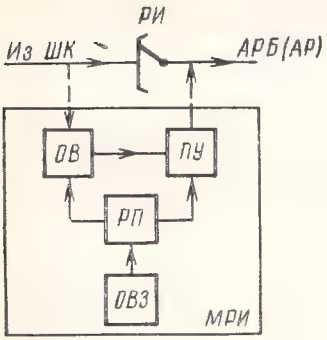


Рис. 6.23. Структурная схема маркера однозвенного блока *РИ*

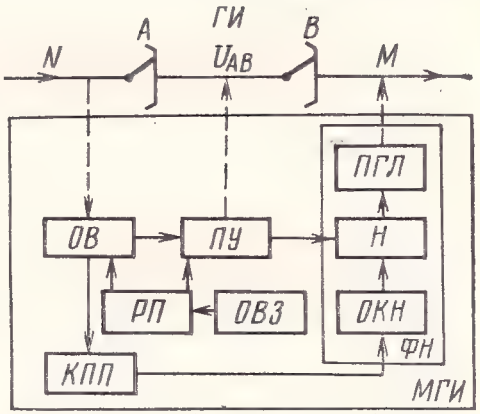


Рис. 6.24. Структурная схема маркера блока *ГИ*

вого комплекта *ШК* поступает вызов на соответствующий вход блока *РИ* и в схеме определителя входов *ОВ* срабатывают реле, фиксирующие номер вызывающей входящей линии. Затем действует пробное устройство *ПУ*, которое одновременно опробует все исходящие линии к регистрам. При этом занимается один из свободных регистров в соответствии с состоянием схемы распределителя преимущества *РП*. Если на входы блока *РИ* поступают одновременно два и более вызовов, то с помощью *РП* обеспечивается их поочередное обслуживание с переменным преимуществом.

Завершающим этапом работы маркера *МРИ* является создание цепи для удерживающего электромагинта МКС блока *РИ*. После подключения *ШК* к регистру маркер блока *РИ* освобождается путем обрыва цепи реле определителя входов. Если соединение между *ШК* и *АР* (или *АРБ*) не устанавливается по технической причине и маркер задерживается длительное время (более 0,6 с), то с помощью устройства ограничения времени занятия *ОВЗ* принудительно освобождается. Построение маркеров двухзвенных блоков *РИ*, применяемых в системе АТСК-У, будет рассмотрено в гл. 7.

Рассмотрим теперь структурную схему маркера блока ступени группового искания *МГИ* (рис. 6.24) и порядок использования функциональных устройств этого маркера. При установлении соединения вызывающий вход блока *ГИ* отмечается положительным потенциалом, подаваемым на провод *d* из абонентского или входящего регистра, или из комплекта *РСЛВ*. Маркер блока *ГИ* фиксирует номер вызывающей входящей линии с помощью определителя входов *ОВ* и подключает к ней кодовый приемопередатчик *КПП*. В зависимости от назначения данной ступени *ГИ* в регистр посылается кодированный управляющий сигнал для выдачи информации о первой или следующей цифре номера. Требуемая цифра выдается из регистра кодированным способом, принимается *КПП* и фиксируется маркером в расшифрованном виде. Кодовый приемопередатчик имеет связь с определителем значности кода направления *ОКН*, который устанавливает достаточность одной цифры для выбора требуемого направления или необходимость приема из регистра следующей цифры номера. В последнем случае *КПП* посылает в регистр управляющий сигнал для выдачи очередной цифры. Поскольку *МГИ*, например блока 80×$\times$120×400 системы АТСК, выбирает направление по коду, состоящему из одной, двух, трех или четырех цифр, то в регистр может подаваться несколько последовательных сигналов для выдачи цифр кода направления.

После приема всех цифр кода требуемого направления срабатывает соответствующее реле направления *Н*, которое подключает к пробному устройству *ПУ* группу исходящих линий заданного направления. Пробное устройство производит одновременно пробу всех промежуточных линий, доступных вызвавшему входу, и группы исходящих линий выбранного направления. В результате обусловленного искания выбирается свободная исходящая линия в пределах направления, которая может быть соединена с входом блока через свободную в данный момент промежуточную линию.

Как было ранее рассмотрено, в блоках *ГИ* на 400 исходящих линий, применяемых в системе АТСК, доступность в направлении может быть равна $D=20$, 40 или 60, поэтому в маркере этого блока одновременно пробуется группа из 20 исходящих линий. Если в процессе обусловленного искания пробные реле не сработали, а доступность в направлении равна 40 или 60, то с помо-

щью переключателя групп линий *ПГЛ* подключаются к пробному устройству другие 20 исходящих линий этого направления.

Реле, сработавшие в схемах *ОВ, ПУ* и *ФН,* включают соответствующие электромагниты МКС в звеньях блока для осуществления соединения. Маркер освобождается, а цепи удерживающих электромагнитов МКС создаются из *ИШК.* Распределитель преимущества *РП* при освобождении маркера меняет очередность занятия промежуточных и исходящих линий, порядок обслуживания входов, а также порядок пробы групп линий в направлении. Этим обеспечивается равномерное использование линий и вертикалей МКС, а также уменьшается влияние повреждений на величину потерь сообщения. Устройство *ОВЗ* выполняет ранее указанные функции, обеспечивая техническую выдержку времени в *МГИ* — 2,5 с.

Рассмотрим действие маркера столинейного трехзвенного блока *АИ,* применяемого в системе АТС К-100/2000. Структурная схема этого маркера изображена на рис. 6.25. При исходящей свя-

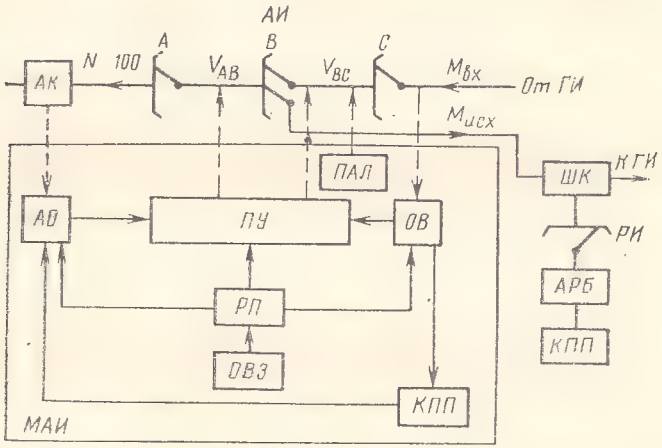


Рис. 6.25. Структурная схема маркера столинейного трехзвенного блока *АИ*

зи вызов абонентом станции принимается в абонентском комплекте *АК,* где срабатывает линейное реле, после чего занимается маркер *АИ,* обслуживающий данный столинейный блок. В абонентском определителе *АО* в соответствии с номером вызывающей линии срабатывают десятковое и единичное реле. Контактами этих реле отмечаются промежуточные линии, доступные вызывающему абоненту. Затем действует пробное устройство *ПУ,* которое прежде всего выбирает из доступных ПЛ свободную, имеющую доступ в данный момент хотя бы к одной свободной исходящей линии. После этого выбирается свободная исходящая линия из тех, которые доступны абоненту через найденную проме-

жуточную линию. Реле, сработавшие в *АО* и *ПУ*, включают цепи электромагнитов МКС в блоке *АИ*. Маркер блока *АИ* освобождается при подключении *ШК* к вызывающей абонентской линии, когда в *АК* срабатывает разделительное реле и обрывает цепь занятия абонентского определителя.

При входящей связи определитель входящих линий *ОВ* фиксирует номер вызывающей входящей линии, отмеченной положительным потенциалом из регистра, и подключает к ней кодовый приемопередатчик. Получая кодированные сигналы запроса из *МАИ*, регистр последовательно выдает в *КПП* маркера блока *АИ* информацию о последних двух цифрах номера. Фиксация этих цифр осуществляется реле абонентского определителя, который при входящем сообщении является фиксатором номера. Контактами реле абонентского определителя отмечаются $ПЛ_{АВ}$, доступные вызываемому абоненту. Затем устройство *ПУ* осуществляет обусловленное искание, выбирая свободные промежуточные линии *АВ* и *ВС*, которые могут подключить вызывающий вход блока к абонентской линии. Вслед за этим обеспечивается коммутация линий в звеньях *А* и *В* блока *АИ* и подключается к $ПЛ_{ВС}$ электронное устройство пробы вызываемой абонентской линии *ПАЛ*. Если линия свободна, то сигнал об этом посылается в регистр, а маркер осуществляет соединение также в звене *С*, после чего освобождается.

В функциональных блоках маркеров имеются общие реле и цепи, повреждение которых выводит из строя весь маркер. Для повышения надежности действия маркера в общих цепях применяются параллельно включенные контакты или резервирование общих реле.

Определители

Определители используются во всех маркерах для выбора по определенному признаку одной вызывающей линии из общего числа обслуживаемых линий в блоке. В релейных маркерах координатных АТС применяются статические определители, когда осуществляется одновременная проба всех обслуживаемых линий с целью уменьшения времени занятия маркера. В динамических определителях, применяемых в электронных маркерах, производится последовательная проба включенных линий.

Определители выполняют следующие функции: определяют и создают цепи для пробы промежуточных линий, доступных вызывающему входу; при одновременном поступлении нескольких вызовов выбирают один из вызывающих входов; подключают выбранную входящую линию к кодовому приемопередатчику (при групповом или линейном искании в маркере); участвуют в создании цепей для включения электромагнитов МКС в звеньях коммутационного блока; обеспечивают освобождение маркера при обрыве цепи занятия определителя.

По назначению различают определитель входов *ОВ* и абонентский определитель *АО*.

По способу построения схемы определители бывают линейные и матричные. В линейных определителях количество фиксирующих реле равно числу обслуживаемых линий. При этом фиксация номера вызывающей входящей линии обеспечивается срабатыванием одного реле, индекс которого соответствует номеру этой линии. Такие определители называют также однокоординатными, так как линия выбирается по одному признаку (координате). Линейные определители экономично применять лишь при небольшом числе линий (5—10).

Для уменьшения числа реле в маркерах чаще используются матричные определители, где обслуживаемые линии размещаются на пересечении воображаемых координат в виде матрицы. В таких определителях линия определяется по нескольким признакам (координатам). Эти определители в соответствии с числом координат называют двух-, трех- и т. д. координатными. Так, в матричном (двухкоординатном) определителе линии делятся на группы по нескольку линий в группе. Поэтому каждая линия характеризуется номером группы и номером линии в группе.

В матричных определителях требуется значительно меньше реле, чем в однокоординатных. Так, при 80 входящих линиях для двухкоординатного *ОВ* необходимо лишь 18 реле (8 реле десятков и 10 реле единиц) вместо 80 реле в схеме линейного определителя. Фиксация номера линии в двухкоординатном определителе обеспечивается срабатыванием двух реле (группового и единичного), что несколько усложняет схему.

В зависимости от числа проводов, по которым воспринимается сигнал вызова, определители бывают однопроводные и двухпроводные. В определителях входов маркеров блоков группового и абонентского искания, где плюс для отметки вызывающего входа подается из регистра, *ВШК* или входящего *РСЛ*, целесообразно применять однопроводные матричные определители с целью уменьшения проводности коммутационных блоков на ступенях регистрового и группового искания. Абонентские определители всегда используются двухпроводные. Сигнал вызова для занятия маркера подается через контакт линейного реле по шлейфу. Двухпроводной матричный определитель обладает некоторыми техническими преимуществами по сравнению с однопроводными определителями. В двухпроводном определителе требуется меньше вспомогательных реле и снижается время, необходимое для фиксации номера вызывающего входа и создания исполнительных цепей.

Определители маркеров построены на электромагнитных реле, и лишь в отдельных случаях, когда нужна большая скорость действия, используются электронные определители.

Рассмотрим схему линейного однопроводного определителя на четыре входящих линии, используемую в маркере блока *АВ* ступени *АИ* системы АТСК для определения номера блока *CD* (рис. 6.26*а*).

В тысячной абонентской группе на ступени *АИ* в системе АТСК устанавливаются десять столинейных блоков *АВ* для индивидуальных абонентских линий и три-четыре блока *CD* для входящих линий. При входящем сообщении на ступени *АИ* маркер блока *CD*, приняв из регистра информацию о цифре сотен, подает через дешифратор сотен $Дш_с$ плюс для занятия маркера соответствующего блока *АВ*. Этот плюс поступает на один из четырех входов определителя в зависимости от номера блока *CD*.

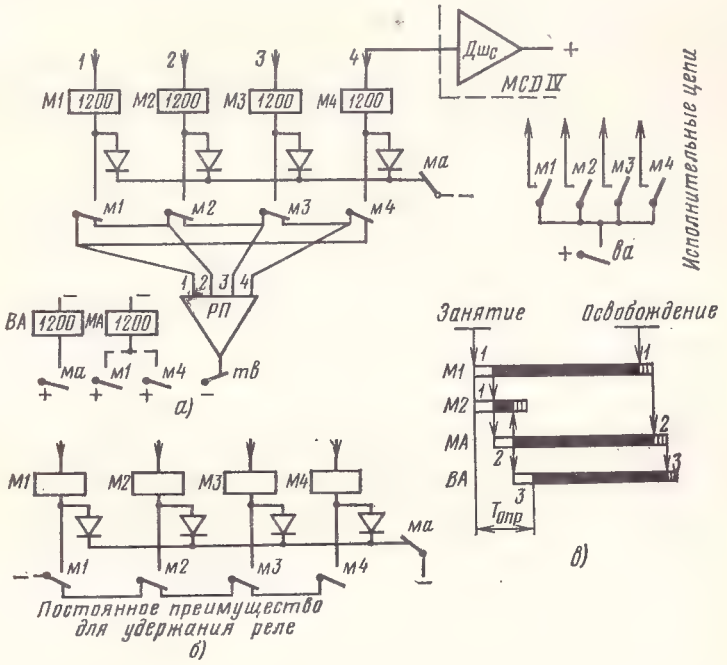


Рис. 6.26. Линейный однопроводной определитель входов *ОВ* на 4 линии:
а) упрощенная принципиальная схема; *б*) вариант использования постоянного преимущества; *в*) график действия схемы

Поскольку в схеме определителя при поступлении вызова одновременно пробуются все обслуживаемые линии, может сработать одно или несколько реле в зависимости от числа поступивших вызовов. Однако должна обеспечиваться цепь для удержания только одного из сработавших реле, потому что целью пробы является фиксация лишь одной вызвавшей линии. Для выполнения этого требования может применяться цепочка преимущества, построенная из последовательно соединенных контактов реле *М1—М4* определителя и обеспечивающая постоянное преимущество (рис. 6.26*б*) для удержания реле с наименьшим индексом. Однако чаще используется переменное преимущество, когда минус батареи для

удержания одного из сработавших реле подается с помощью релейного переключателя, который меняет свое состояние при каждом освобождении маркера. Такой релейный переключатель, состоящий из нескольких реле, называется распределителем преимущества *РП*. На схеме определителя условно показана треугольником лишь контактная пирамида реле переключателя.

Переменное преимущество широко используется в схемах определителей и пробных устройств маркеров. Переменное преимущество занятия входов обеспечивает равномерное использование линий и вертикалей МКС. При этом повреждение какой-либо линии или цепи в маркере оказывает небольшое влияние на возможность установления соединения.

Допустим, что в рассматриваемой схеме определителя входов одновременно поступили сигналы из первого и четвертого маркеров блоков *CD*, а *РП* находится во втором положении. При этом в определителе срабатывают реле *М1* и *М4*, получающие минус через контакт общего реле *МА* и диоды. Через контакты сработавших реле включается общее реле *МА*, которое выключает цепь срабатывания реле *М1—М4*. У сработавших реле переключаются контакты, создающие цепи удержания. При использовании распределителя преимущества *РП* создание цепи удержания для одного из реле зависит от положения *РП*. В рассматриваемом примере, как видно из схемы, удерживает реле *М4*. Остальные из сработавших реле (в данном примере реле *М1*), которые не получили цепи удержания, отпускают, и, таким образом, выбирается только одна вызвавшая линия. Диоды в цепях срабатывания реле *М1—М4* необходимы для развязки цепей удержания. При отсутствии диодов минус через контакт реле, имеющего преимущество, подавался бы для удержания всех сработавших реле.

Определение номера вызвавшей линии завершается срабатыванием реле *ВА*. После этого включается исполнительная цепь. Необслуженный вызов, поступивший на первый вход определителя, ожидает освобождения маркера. Из графика действия схемы определителя входов (рис. 6.26*в*) видно, что для создания исполнительной цепи необходимы три такта работы схемы, в которых срабатывают реле *М4*, *МА* и *ВА*.

Рассмотрим построение и действие простейшей схемы распределителя преимущества на три положения, изображенной на рис. 6.27*а*. В схеме этого *РП* используются три двухобмоточных реле *Р1—Р3*. Вторая обмотка каждого реле (500 Ом) служит для срабатывания и удержания, когда маркер свободен, а первая обмотка (300 Ом) необходима для удержания реле в рабочем положении маркера. Состояние схемы *РП* меняется при каждом срабатывании и отпускании реле занятия маркера *З*. При работе маркера распределитель преимущества может находиться в любом из положений. График действия реле *РП* показан на рис. 6.27*б*.

Допустим, что в свободном состоянии маркера работает реле *Р1*, получая ток через вторую обмотку. Это соответствует первому положению *РП*. При очередном занятии маркера контактом ре-

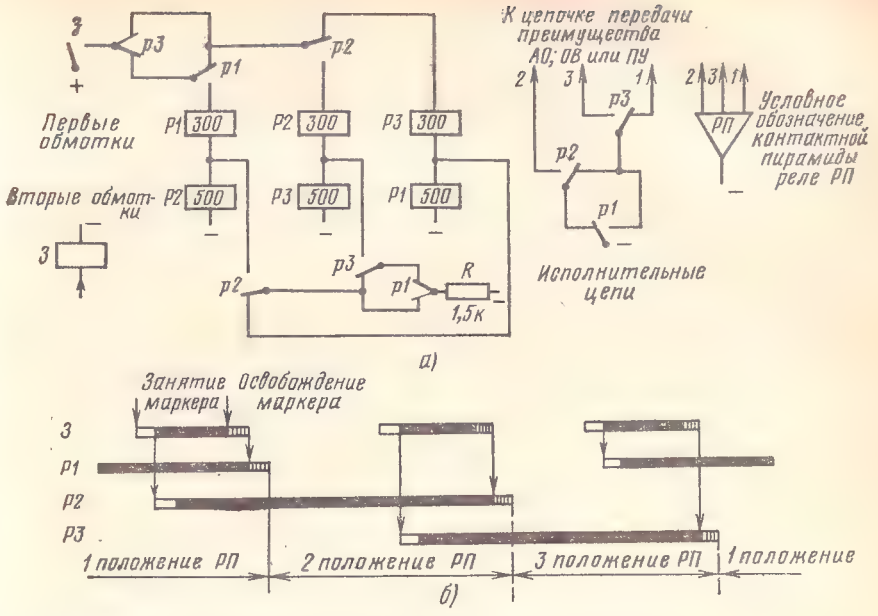


Рис. 6.27. Распределитель преимущества *РП* на три положения: *а)* принципиальная схема; *б)* график действия

ле *З* включается цепь обмоток *Р1-300* и *Р2-500*. В результате реле *Р2* срабатывает и удерживает через резистор *R* независимо от состояния реле *З*. Обмотки *Р1-500* выключается контактом *р2*, но реле *Р1* удерживает до освобождения маркера своей первой обмоткой 300 Ом. После освобождения маркера контакт реле *З* размыкается и реле *Р1* отпускает. Схема *РП* переходит во второе положение, в котором остается в работе только реле *Р2*. При следующем занятии маркера срабатывает реле *Р3* второй обмоткой, а реле *Р2* удерживает первой обмоткой.

Когда маркер снова освобождается, то реле *Р2* отпускает, а реле *Р3* продолжает действовать, что соответствует переходу *РП* в третье положение. Аналогично схема *РП* «шагает» при каждом освобождении маркера, что видно из приведенного графика

Исполнительные цепи *РП* построены в виде контактной пирамиды, которая подает отрицательную полярность на различные контакты цепочки преимущества в схемах определителя или пробного устройства. Как видно из графика действия *РП*, исполнительная цепь переключается при каждом освобождении маркера, когда в схеме *РП* остается в работе лишь одно реле.

В схемах определителей по экономическим соображениям используются *РП* на небольшое число положений. Поэтому в каждом положении *РП* преимущество для удержания в схемах определителей предоставляется не одному, а группе реле. В пределах

этой группы обеспечивается постоянное преимущество для реле с меньшим или большим индексом.

Матричная (двухкоординатная) однопроводная схема определителя входов маркера блока *ГИ* АТСК на 80 входящих линий приведена на рис. 6.28*а*. Этот определитель состоит из восьми ре-

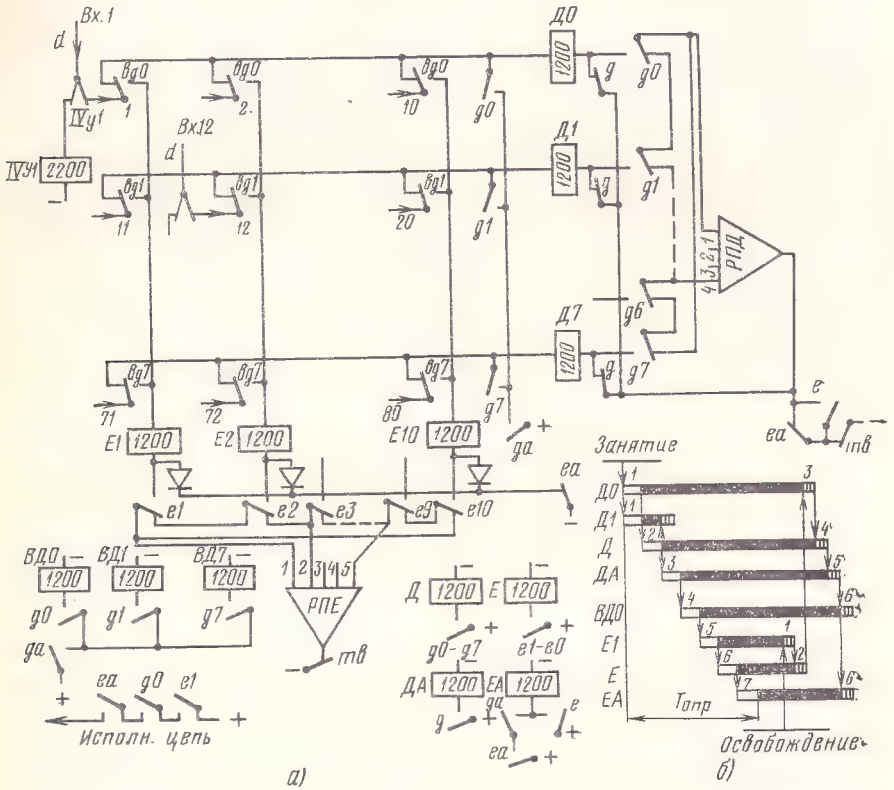


Рис. 6.28. Матричный однопроводной определитель входов *ОВ* на 80 линий: *а)* принципиальная схема; *б)* график действия при поступлении сигналов вызова на входы *1* и *12*

ле десятков *(Д0—Д7)* и десяти реле единиц *(Е1—Е0)*. Реле десятков и единиц последовательно срабатывают при занятии маркера и фиксируют цифры десятков и единиц номера вызывающей входящей линии. Матрица в схеме *ОВ* образована из контактов вспомогательных реле десятков *ВД0—ВД7*. В каждый из этих контактов включается входящая линия. В горизонтальном ряду помещены контакты одного реле *ВД*. Поскольку требуется много контактов, применяются дублирующие вспомогательные реле.

В схеме определителя *ОВ* используются распределитель преимущества для реле единиц *РПЕ* на пять положений. Поэтому

преимущество меняется для каждой пары реле единиц, а в пределах двух реле обеспечивается постоянное преимущество для реле с меньшим номером. Реле десятков обслуживается таким же образом *РПД* на четыре положения.

Сигнал занятия маркера первой ступени группового искания подается плюсом по проводу *d* из абонентского регистра *АРБ* через блок *РИ* и схему *ИШК*. При входящем сообщении на АТСК сигнал занятия маркера блока *ПГИ* или *ПТГИ* поступает из входящего *РСЛ* или *ВРД*. Допустим, что в блок *ПГИ* одновременно поступили вызовы на входы *1* и *12*, а оба распределителя преимущества *РПЕ* и *РПД* находятся в первом положении. Тогда в определителе срабатывают реле *Д0* и *Д1*. Вслед за этими реле включается общее реле десятков *Д*. Последнее обрывает цепь срабатывания реле десятков, но реле *Д0*, имеющее преимущество при данном занятии маркера, удерживает через *РПД*. Одновременно реле *Д* включает цепь реле *ДА*.

За время срабатывания реле *ДА* должно отпустить «лишнее» сработавшее реле *Д1*. Контактом реле *ДА* создается цепь для действия вспомогательного реле *ВДО*, которое переключает сигналы, поступившие по входам первого десятка на реле единиц. Сработавшее реле *Д0* удерживает через контакт реле *ДА* свой контакт и контактную пирамиду *РПД*. После выбора десятка входов завершается первый этап работы *ОВ*. Поскольку в рассматриваемом примере в нулевом десятке входов вызов поступил на входящую линию *1*, срабатывает реле *Е1*, а вслед за ним общее реле единиц *Е*, которое включает цепь реле *ЕА*. После срабатывания реле *ЕА* завершилось определение номера вызывающего входа и создались необходимые исполнительные цепи, одна из которых показана на рис. 6.28*а*.

Порядок работы реле при занятии и освобождении определителя входов указан на графике рис. 6.28*б*. Определение номера входящей линии осуществляется за семь тактов. Освобождение определителя, а следовательно, и маркера блока *ГИ* происходит при снятии положительной полярности, которая подавалась через вход определителя на одно из реле единиц (в нашем примере реле *Е1*). Последним в схеме *ОВ* отпускает реле *ЕА*, которое восстанавливает цепи срабатывания реле десятков *Д0—Д7* и подготавливает маркер к обслуживанию другого вызова. Принудительное освобождение определителя в случае его занятия свыше технически необходимого времени производится при срабатывании реле технической выдержки времени *ТВ*, контакты которого имеются в цепях удержания реле десятков и единиц.

Недостатком схемы однопроводного матричного определителя входов является возможность задержки *ОВ* при поступлении кратковременного сигнала занятия на один из входов. Так, если на вход определителя поступил случайный короткий сигнал, когда успели сработать реле десятков и общие реле *Д* и *ДА*, то определитель вызовов освобождается только после технической выдержки времени. Это объясняется тем, что реле *Д0—Д7* удерживают

через собственные контакты независимо от поступившей полярности на вход.

Матричная (двухкоординатная) схема двухпроводного абонентского определителя, применяемая в маркерах блоков *АВ* АТСК, изображена на рис. 6.29. При обслуживании маркером столиней-

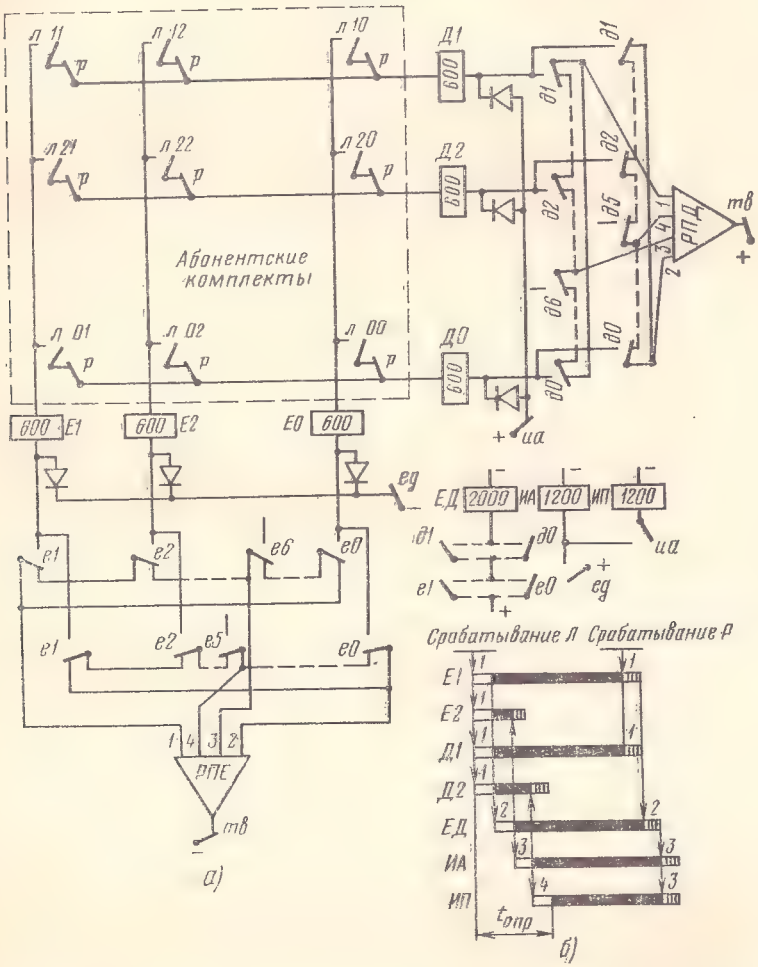


Рис. 6.29. Матричный двухпроводной абонентский определитель *АО* на 100 линий:
а) принципиальная схема; *б)* график действия при поступлении вызовов от АЛ № 11 и № 22

ного блока *АВ* для фиксации номера вызывающей или вызванной абонентской линии в схеме *АО* используются 10 реле десятков *Д1—Д0* и десять реле единиц *Е1—Е0*. Матрица состоит из контак-

тов реле *Л* и *Р* абонентских комплектов, помещенных на рисунке в пунктирную рамку. От каждого *АК* в схему определителя поступают два провода, которые замыкаются контактом сработавшего линейного реле *Л*. Таким образом, создается сигнал вызова и действуют реле определителя, отмечающие цифры десятков и единиц номера вызывающей абонентской линии. Контакт размыкания разделительного реле *Р*, помещенный в цепь занятия *АО*, необходим для освобождения маркера, когда после установления соединения в *АК* срабатывает реле *Р*.

Провода, поступающие в схему *АО* из абонентских комплектов, запараллеливаются. Контакты линейного реле *Л* с одинаковыми цифрами единиц соединяются по вертикали и подключаются к соответствующему реле единиц. Аналогично контакты разделительного реле *Р* с одинаковыми цифрами десятков соединяются по горизонтали и подключаются к соответствующему реле десятков. Следовательно, для соединения 100 *АК* с двухпроводным определителем необходимо лишь 20 проводов.

Абонентский определитель является статическим определителем, и поэтому предусматривается одновременное опробование всех включенных абонентских линий. Если одновременно поступают два и более вызовов, то сработает несколько реле десятков и единиц. Для фиксации номера только одной вызывающей линии применяются распределители преимущества — *РПЕ* и *РПД*, имеющие по четыре положения. С целью изменения направления передачи преимущества в цепях удержания реле десятков и единиц используются по две контактные цепочки преимущества. Одна из них создает преимущество для реле с меньшим индексом, а другая — с наибольшим. Наличие двух цепочек преимущества повышает также надежность работы определителя. В первом положении *РПД* преимущество удержания предоставляется для реле с меньшим индексом от реле *Д1* к *Д0*. Во втором положении *РПД* преимущество имеют реле с большим индексом от *Д0* к *Д1*. В третьем положении *РПД* преимущество обеспечивается от *Д6* к *Д0* и далее от *Д1* к *Д5*. В четвертом положении преимущество предоставляется в другом направлении от *Д5* к *Д1* и далее от *Д0* к *Д6*. Аналогично меняется преимущество для реле единиц в *РПЕ*.

Проследим действие *АО*, если поступает один вызов, например из абонентского комплекта *20*. При этом срабатывают в последовательной цепи реле *Д2* и *Е0* и удерживают через свои контакты и распределители преимущества (такт 1). Последовательно включенными контактами *д2* и *е0* создается цепь для срабатывания общего реле *ЕД* (такт 2). Затем действует реле *ИА* (такт 3) и за ним реле *ИП* (такт 4). Этим заканчивается определение номера вызывающей абонентской линии и создаются исполнительные цепи. Таким образом, номер вызывающей линии фиксируется за четыре такта работы *АО*.

Рассмотрим условия работы абонентского определителя, если одновременно поступили вызовы от двух абонентских линий *11* и

22, а оба переключателя преимущества *РПЕ* и *РПД* находятся в первых положениях. График работы реле *АО* для этого примера приведен на рис. 6.29*б*. При поступлении указанных вызовов срабатывают реле *Д1, Д2, Е1* и *Е2* (такт 1). Затем через контакты реле десятков и единиц действует общее реле *ЕД* (такт 2), которое снимает минус, подававшийся через диоды на обмотки реле единиц. Кроме того, контактом *ед* включается реле *ИА* (такт 3). Из сработавших двух реле единиц удерживает только *Е1*, имеющее в первом положении *РПЕ* преимущество, а «лишнее» реле *Е2* отпускает за время третьего такта работы *АО*. Контактами *иа* замыкается цепь реле *ИП* (такт 4), и обрывается цепь срабатывания реле десятков. Поэтому удерживает только реле *Д1* через свой контакт и *РПД*, а «лишнее» реле *Д2* отпускает за время четвертого такта. На этом завершается определение номера одной вызывающей абонентской линии. Контакты сработавших реле *Е1* и *Д1* используются для создания цепей пробы промежуточных и исходящих линий, доступных абонентской линии *11*. Вторая вызывающая линия обслуживается с ожиданием при следующем занятии маркера.

Диоды, включенные в цепь реле десятков и единиц, необходимы для развязывания цепей удержания этих реле.

В матричном двухпроводном определителе при кратковременном сигнале вызова сработавшие реле не могут удерживать благодаря использованию последовательной цепи для срабатывания и удержания реле десятков и единиц через управляющий контакт линейного реле в *АК*. Поэтому отпускание реле *Л* на любом этапе работы *АО* приводит к освобождению маркера. Такой способ освобождения абонентского определителя имеет существенное значение, поскольку кратковременные сигналы вызова от абонентов возникают часто.

В координатных системах АТС на некоторых ступенях искания могут применяться электронные маркеры с целью уменьшения времени установления соединения. В этих маркерах предусматриваются динамические определители входов, которые осуществляют поочередный опрос состояния входящих линий и не имеют исходного положения.

В качестве примера рассмотрим принцип построения динамического определителя на 50 входов для маркера блока *РИ*. Схема такого определителя изображена на рис. 6.30*а*. Для поочередной пробы входящих линий в определителе имеется мультивибратор *МВ*, который подает импульсы в избирательную схему. Последняя состоит из счетного устройства на триггерах, выдающего сигналы двоичным кодом, и диодного дешифратора *ДШ* на 50 линий с целью перехода к десятичной системе счета входов блока. Для выбора вызывающего входа используются транзисторные схемы типа И, число которых равно количеству обслуживаемых входов блока. Фиксацию номера выбранной вызывающей линии производят реле десятков *Д0—Д4* и единиц *Е1—Е0*. Остановку *МВ* после выбора линии осуществляет одновибратор *ОВ*.

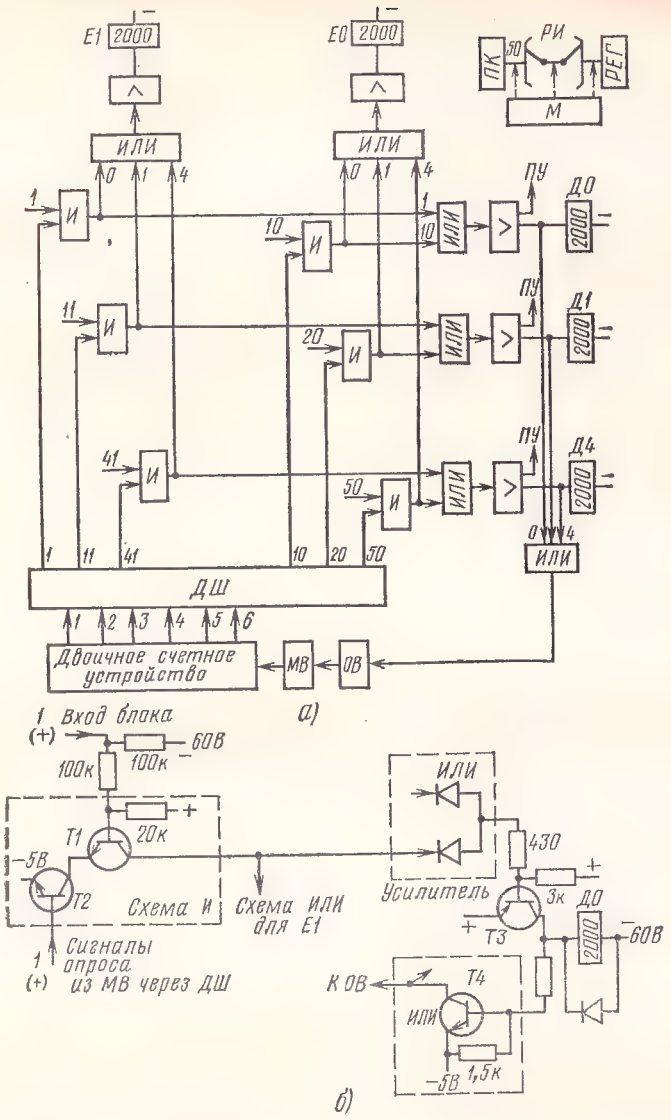


Рис. 6.30. Электронный динамический определитель входов маркера блока *РИ*:
а) структурная схема; *б)* элемент принципиальной схемы

В каждой схеме И имеются два входа, на один из которых поступает сигнал опроса (плюс), подаваемый через избирательную схему, а на второй вход схемы подается плюс из шнурового или подключающего релейного комплекта при поступлении вызова. Таким образом, сигнал на выходе схемы И возника-

ет только при совпадении сигналов опроса и вызова на входах схемы. Кроме того, в определителе применяются диодные схемы типа ИЛИ для поступления сигналов к одному реле от различных входов блока. Так, для единичного реле диодная схема ИЛИ имеет в данном примере пять входов, а для десяткового реле подобная схема должна иметь десять входов. Предусматривается также транзисторная схема типа ИЛИ для включения цепи общего одновибратора. Создание необходимой величины тока для работы реле обеспечивается усилителями на транзисторах.

На рис. 6.30*б* в упрощенном виде показана цепь срабатывания реле *Д0* при поступлении вызова на вход *1* блока *РИ*. В схеме И применены два кремниевых маломощных транзистора типа *n-p-n*, которые при отсутствии сигналов заперты. Если поступает вызов на вход блока, то из релейного комплекта подается плюс на базу транзистора *Т1* и он открывается. Когда при опросе кратковременно поступает плюс на схему И входа *1*, то открывается транзистор *Т2*. При этом напряжение —5 В подается через коллекторные цепи транзисторов *Т2* и *Т1* и схему ИЛИ на базу высоковольтного транзистора *p-n-p* (типа МП26) *Т3*. Последний выполняет функцию усилителя и работает в ключевом режиме. Транзистор *Т3* открывается, и срабатывает реле десятков *Д0*. Кроме того, через коллекторную цепь транзистора *Т3* подается плюс для открывания транзистора *Т4* типа *n-p-n*, который является одним входом схемы ИЛИ для цепи одновибратора. Последний выключает мультивибратор, и опрос входов блока прекращается. Аналогично цепи для *ОВ* построена цепь, подаваемая в пробное устройство для выбора ПЛ, доступной вызывающему входу блока. Кроме цепи для реле *Д0*, с выхода схемы И поступает —5 В для открывания транзистора и срабатывания реле *Е1*. Указанным образом в электронном динамическом определителе обеспечивается фиксация номера вызывающего входа блока *РИ*. Длительность действия электронного *ОП* определяется в основном временем одновременного срабатывания реле единиц и десятков, что в несколько раз меньше времени последовательной работы четырех — семи реле в релейных определителях.

Пробные устройства

По сравнению с пробными цепями в системах АТС с электромеханическими искателями построение пробного устройства в маркерах координатных АТС имеет три основные особенности: 1) использование отдельных пробных проводов в обход коммутационного блока; 2) обусловленное искание; 3) одновременная проба линий. Рассмотрим эти особенности.

В системах АТС с электромеханическими искателями применяются индивидуальные пробные устройства в каждом искателе состоящие из одного пробного реле. При этом предусматривается общая цепь для пробы и для занятия прибора последующей ступени искания. Поэтому во внешней части цепи пробы помещается

реле занятия, что увеличивает индуктивность пробной цепи и повышает время срабатывания пробного реле.

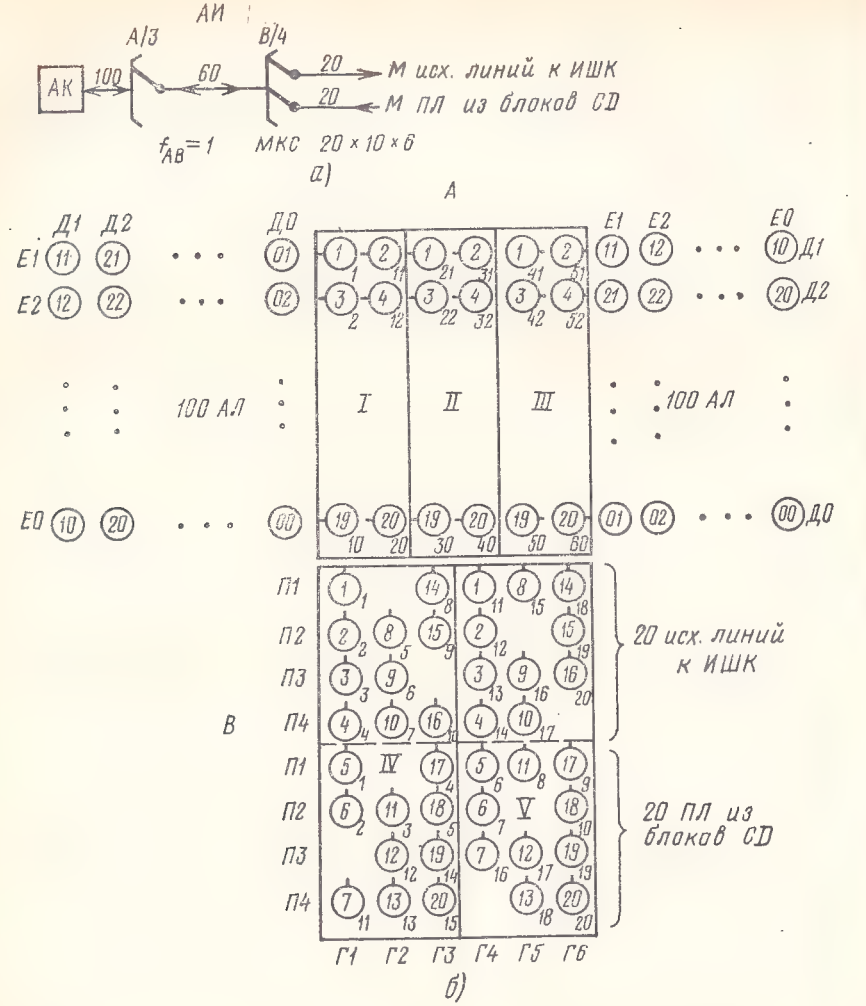
В отечественных координатных системах АТС цепи пробы и занятия разделены. Цепи пробы осуществляются по отдельным проводам в обход коммутационного блока, а цепи занятия коммутируются через блок после установления соединения на ступени искания. Во внешней части пробной цепи вместо реле помещается резистор сопротивлением 800—1000 Ом для обеспечения блокировки занятой линии. В координатных системах АТС, где применяются звеньевые коммутационные блоки, вход может быть соединен с исходящей линией лишь при свободности соответствующей промежуточной линии. Поэтому пробное устройство осуществляет обусловленное искание, выбирая свободную исходящую линию в данном направлении, которая может быть соединена с вызывающим входом блока через доступную и свободную ПЛ.

Для уменьшения времени занятия маркера в *ПУ* обеспечиваются одновременная проба всех ПЛ, доступных входу блока, и одновременная проба группы исходящих линий выбранного направления. Число пробных реле определяется количеством одновременно испытуемых линий.

Способ построения и степень сложности пробного устройства маркера зависят от назначения ступени искания, числа звеньев в коммутационном блоке и количества линий, подлежащих пробе. Ниже на примерах из системы АТСК (АТСК-У) будут рассмотрены принципы построения пробных устройств.

Промежуточные и исходящие линии могут выбираться пробным устройством в течение одного этапа. При этом число пробных реле определяется количеством ПЛ, доступных входу, и числом исходящих линий одного направления. Так построены *ПУ* в маркерах блоков *ГИ*, где входу доступны обычно 20 промежуточных линий и одновременно опробуется группа из 20 исходящих линий. В соответствии с числом пробуемых линий в таком *ПУ* необходимо 20 реле. Подобные пробные устройства, применяемые в *МГИ*, будем называть одноэтапными.

В коммутационных двухзвенных блоках на ступенях свободного искания (*РИА*, $АИ_{исх}$) входу доступно лишь 4—6 ПЛ, а число исходящих линий в блоке в несколько раз больше. В этих условиях для уменьшения числа пробных реле целесообразно осуществлять обусловленное искание в два этапа. На первом этапе (групповая проба) выбираются доступная входу, свободная промежуточная линия и группа исходящих линий, включенная в один из коммутаторов звена *В*, где имеется хотя бы одна свободная линия. На втором этапе осуществляется индивидуальная проба для отыскания свободной исходящей линии в ранее выбранной группе. При такой организации пробы на каждом этапе приходится пробовать не более 4—6 линий, и поэтому общее число пробных реле значительно уменьшается, но длительность работы пробного устройства несколько возрастает. Двухэтапные *ПУ* нашли применение в маркерах двухзвенных блоков регистрового и абонентского искания.



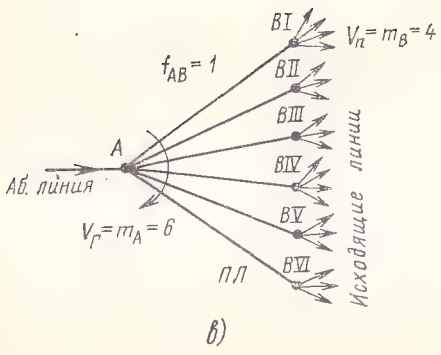


Рис. 6.31. Столинейный коммутационный блок *АВ* ступени *АИ* АТСК:
а) функциональная схема; *б)* схема группообразования; *в)* коммутационный граф для исходящего сообщения

В маркерах блоков *АИ* при использовании одноэтапного *ПУ* потребовалось бы одновременно опробовать m_A промежуточных линий, доступных входу, и все M исходящих линий коммутационного блока. В этом случае *ПУ* должно иметь $V_1 = M$ пробных реле, где $M = 20 \div 40$ (рис. 6.31*а* и *б*).

Если используются два этапа пробы, то на первом этапе (групповая проба) выбираются свободная ПЛ из m_A линий, доступных вызывающему входу, и одновременно группа m_B исходящих линий, включенных в один коммутатор звена *В*, где есть хотя бы одна свободная линия. Поэтому для групповой пробы необходимо иметь $V_Г = m_A$ групповых пробных реле. На втором этапе при индивидуальной пробе выбирается свободная линия в пределах ранее выбранной группы m_B исходящих линий. Для этой пробы необходимо лишь $V_П = m_B$ индивидуальных пробных реле. На рис. 6.31*в* для пояснения приведен коммутационный граф двухзвенной схемы. Таким образом, при использовании двухэтапного пробного устройства потребуется $V_2 = m_A + m_B$ пробных реле. Поскольку в блоках *АИ* и *РИ* $m_A = 4 \div 6$, а $m_B = 3 \div 6$, $V_2 < V_1$, и применение двух этапов выбора линий на ступенях свободного искания является экономичным. Как ранее было указано, недостатком двухэтапной пробы являются небольшое увеличение времени занятия маркера и некоторое усложнение схемы *ПУ*.

Рассмотрим принципы построения и порядок действия двухэтапного пробного устройства на примере маркера столинейного коммутационного блока *АВ* системы АТСК.

Упрощенная схема пробного устройства маркера блока *АВ* системы АТСК при исходящем сообщении приведена на рис. 6.32*а*. Поскольку каждой абонентской линии в блоке *АВ* доступны шесть промежуточных линий, в пробном устройстве *МАВ* предусмотрены шесть реле групповой пробы *Г1—Г6*. В каждой из коммутаторов звена *В* блока *АВ* включены три или четыре исходящих линии к *ИШК*, и поэтому в *ПУ* необходимы четыре индивидуальных пробных реле *П1—П4*. Кроме того, в схеме пробного устройства имеются фиксирующие групповые реле *ФГ1—ФГ6* для подключения индивидуальных пробных реле, реле ограничения времени пробы *ОВ*, реле отсутствия свободных соединительных путей *ОП* и общие реле *ГА*, *ГБ* и *ПА*.

Рассмотрим способы выполнения ранее указанных требований, предъявляемых к *ПУ* на этапах групповой и индивидуальной пробы. Для проверки свободности *ПЛ* в пробные цепи групповых реле включаются головные контакты покоя *у* удерживающих электромагнитов вертикалей звена *А*, поскольку промежуточные линии соединены с вертикалями этого звена. Если этот контакт замкнут, то соответствующая ПЛ свободна. Поскольку каждое групповое реле обслуживает десять ПЛ, подключенных на входы одного коммутатора звена *В*, то в цепь группового реле включается параллельно десять головных контактов вертикалей звена *А*. Для проверки доступности промежуточной линии вызывающему абоненту последовательно с каждым головным контактом вертикали

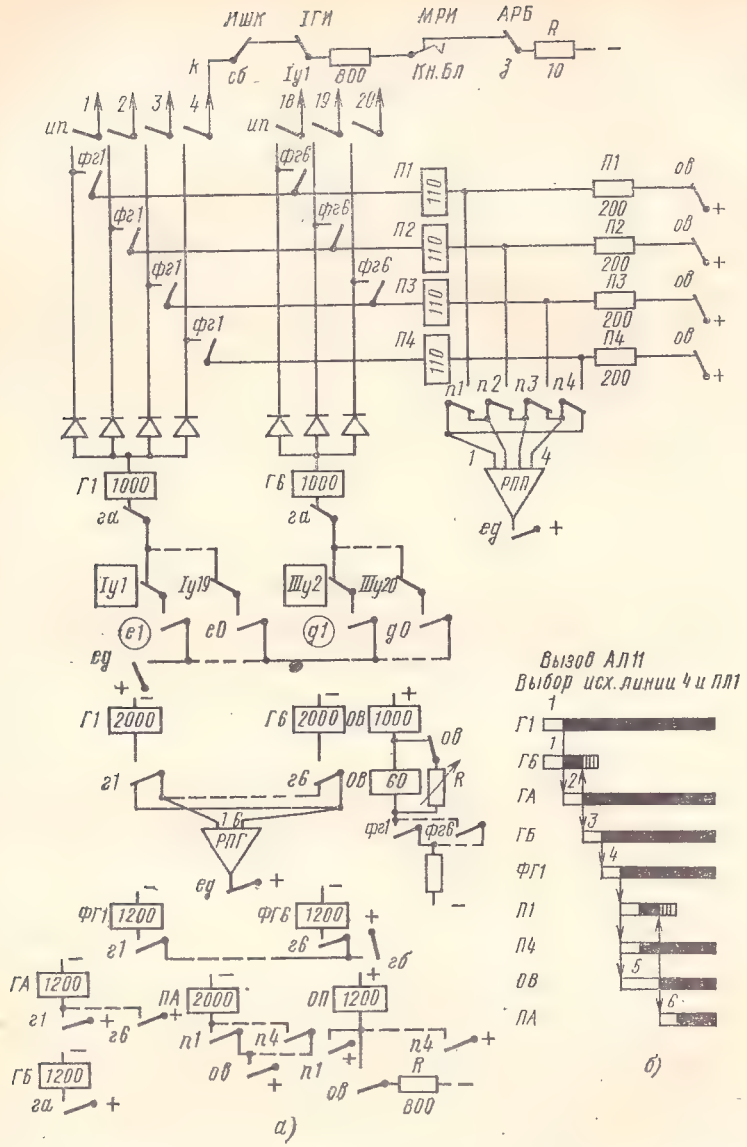


Рис. 6.32. Пробное устройство *ПУ* маркера блока *АВ—АИ* АТСК: *а)* принципиальная схема при исходящем сообщении; *б)* график действия

включаются рабочие контакты реле десятков или единиц абонентского определителя. В цепях реле *Г1—Г4* используются контакты реле единиц, потому что каждая ПЛ, подключенная к вертикалям МКС*I* и *II*, доступна десяти абонентским линиям с одинаковыми

цифрами единиц. В цепях реле *Г5* и *Г6* используются контакты реле десятков, так как каждая ПЛ, соединенная с вертикалями МКС*III*, доступна десяти абонентским линиям с одинаковыми цифрами десятков. Так, в цепи реле *Г1* имеется десять пар контактов, включенных параллельно: *1у1* и *е1*, *1у3* и *е2*, ..., *1у19* и *е0*.

Проверка свободности исходящей линии и доступного ей регистра обеспечивается наличием минуса батареи, который подается на пробный провод *к* через контакты покоя реле занятия регистра и *ИШК*. Эти контакты указаны на рис. 6.32*а* только для четвертой исходящей линии.

Рассмотрим действие *ПУ МАВ*, если вызов поступил по абонентской линии *11* и в результате обусловленного искания выбирается четвертая исходящая линия в блоке *АВ*. Из рис. 6.31 видно, что абонентская линия *11* включена с учетом транспонирования в два коммутатора звена *А*. В одном коммутаторе, составленном из четырех вертикалей МКС*I* и *II* абонентской линии, доступны ПЛ *1*, *11*, *21* и *31*, а во втором коммутаторе, построенном на двух вертикалях МКС*III* абонентской линии, доступны ПЛ *41* и *51*. Каждая из указанных ПЛ соединена с первым входом определенного коммутатора звена *В*, в которой включена группа из трех или четырех исходящих линий. Название группового пробного реле, осуществляющего пробу ПЛ, соединенных с одним коммутатором звена *В*, указаны внизу рис. 6.31.

При вызове станции линией *11* в абонентском определителе срабатывают реле *Д1* и *Е1*. После завершения работы *АО* контактами реле *ЕД* включаются цепи всех шести групповых пробных реле *Г1—Г6*. Цепь для реле *Г1* проходит через рабочий контакт реле *Е1*, головной контакт покоя вертикали *1у1*, контакт покоя общего реле *ГА*, обмотку *Г1* и далее через параллельно включенные диоды и пробные провода исходящих линий *1—4*. Если головной контакт замкнут (ПЛ свободна) и минус батареи подается хотя бы по одной исходящей линии, то реле *Г1* срабатывает (такт 1). Аналогично создаются цепи для остальных групповых пробных реле. График действия реле *ПУ* для рассматриваемого примера приведен на рис. 6.32*б*. Контактами реле *Г1—Г6* включается общее реле *ГА* (такт 2), которое обрывает цепи основных обмоток групповых реле и включает общее реле *ГБ* (такт 3). За время срабатывания реле *ГБ* «лишние» реле групповой пробы, не имеющие преимущества для удержания, отпускают. Удерживает только одно из сработавших групповых реле, которое в данном положении *РПГ* имеет преимущество. Допустим, что при рассматриваемом занятии маркера *РПГ* находится в первом положении, где преимуществом для удержания обладает реле *Г1*. Вторая обмотка реле *Г1* имеет цепь удержания через свой рабочий контакт и контактную пирамиду *РПГ*. На этом завершаются групповая проба, в результате которой выбрана свободная промежуточная линия *1*, доступная вызывающей абонентской линии *11*, и группа исходящих линий, включенных в первый коммутатор звена *В*.

Вслед за реле *ГБ* срабатывает вспомогательное реле *ФГ1* (такт 4) и начинается этап индивидуальной пробы с целью выбора одной исходящей линии в пределах группы линий. С этой целью реле *ФГ1* подключает четыре индивидуальных пробных реле *П1—П4* к четырем исходящим линиям первого коммутатора звена *В*. Каждое из этих реле срабатывает, если соответствующая исходящая линия свободна и имеет доступ к свободному абонентскому регистру. Теперь уместно пояснить назначение развязывающих диодов, через которые несколько пробных проводов подключаются к одному групповому реле. Эти диоды обеспечивают разделение цепей индивидуальной пробы. В противном случае любое индивидуальное пробное реле вследствие наличия общей точки могло бы сработать при занятости пробуемой линии, получая минус по проводам *k* из других свободных исходящих линий. Как видно из рис. 6.32, каждое пробное реле *П1—П4* обслуживает по пять исходящих линий, находящихся в различных коммутаторах звена *В*.

Одновременно с включением цепей реле *П1—П4* вспомогательное реле *ФГ1* включает также цепь замедленного на срабатывание реле ограничения времени пробы *ОВ*. При срабатывании этого реле (такт 5) обрываются цепи всех индивидуальных пробных реле. Они отпускают, кроме одного, которое имеет цепь удержания через свой контакт и распределитель преимущества *РПП*. В рассматриваемом примере остается включенным реле *П4*.

Время срабатывания реле *ОВ* $t_{ср.ов}$ регулируется переменным резистором *R* таким образом, чтобы оно было больше времени срабатывания реле *П1—П4* при пробе линии одним маркером $t'_{ср.п} < t_{ср.ов}$ и меньше времени срабатывания этих реле при пробе свободной линии параллельно двумя маркерами *МАВ* $t''_{ср.п} > t_{ср.ов}$. Время срабатывания пробных реле при параллельной пробе $t''_{ср.п}$ увеличивается, потому что в этом случае снижается ток в пробной цепи. Указанное требование необходимо для устранения возможности подключения к одному *ИШК* двух абонентских линий из различных блоков *АВ*. Такой способ обеспечения несрабатывания пробных реле при параллельной пробе не является совершенным, поскольку вследствие большого разброса времени срабатывания пробных реле невозможно обеспечить требуемый режим для всех реле. Далее будет рассмотрено другое схемное решение этой задачи, примененное в маркере трехпроводного блока *ГИ АТСК*.

Сработавшее реле *ОВ* включает общее реле *ПА* (такт 6). За время срабатывания этого реле отпускают «лишние» индивидуальные пробные реле. На этом завершается работа пробного устройства и включаются соответствующие электромагниты МКС для подключения вызывающей абонентской линии к выбранному *ИШК*. Реле *ОВ* используется также для ограничения времени групповой пробы и для включения реле *ОП*, если ни одно из групповых реле не сработает из-за занятости ПЛ или исходящих линий, а также при внутренних блокировках в схеме блока. Эти це-

пи на рис. 6.32 не показаны. При отсутствии свободных и доступных соединительных путей, когда срабатывает реле *ОП*, маркер блока *АВ* освобождается после технической выдержки времени (1,5 с).

В блоках *ГИ* входу доступно чаще всего 20 промежуточных линий, а в каждый из коммутаторов звена *В* включено $q=1\div3$ линий одного направления. При использовании двухэтапного *ПУ* (подобного в *МАВ*) потребовалось бы 20 групповых и три индивидуальных пробных реле. Если же применить одноэтапное *ПУ* с одновременной пробой 20 ПЛ и 20 исходящих линий одного направления, то необходимо лишь 20 пробных реле. При этом уменьшается длительность процесса выбора линий. Поэтому в маркерах блоков *ГИ* целесообразно применять одноэтапные пробные устройства.

Рассмотрим принципы построения и действие пробного устройства в маркере односвязного трехпроводного блока *ГИ* 80×120××400, используемого на районных станциях системы АТСК (АТСК-У). Полная схема группообразования блока *ГИ-3* приведена на рис. 6.7, а упрощенная схема, необходимая для изучения *ПУ*, изображена на рис. 6.33. В рассматриваемом коммутацион-

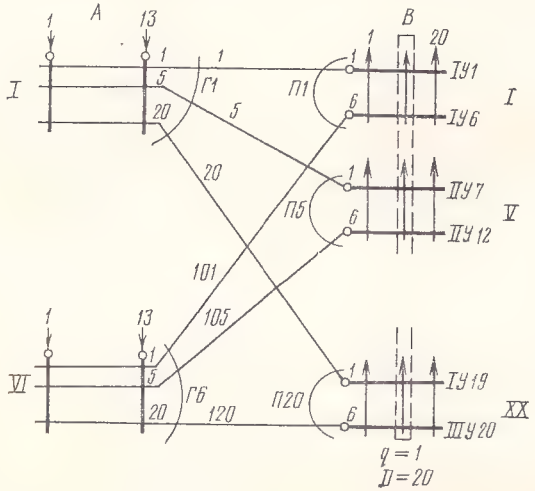


Рис. 6.33. Упрощенная схема группообразования *ГИ-3* (80×120×400)

ном блоке *ГИ* на звене *А* образовано шесть коммутаторов, и каждому входу доступны 20 промежуточных линий. На звене *В* предусматривается 20 коммутаторов, в каждый из которых включается по одной — три исходящих линий одного направления.

Рассмотрим назначение и функции реле пробного устройства маркера блока *ГИ* (рис. 6.34). Пробные реле *П1—П20* одновременно пробуют 20 ПЛ, доступных вызывающему входу блока, и

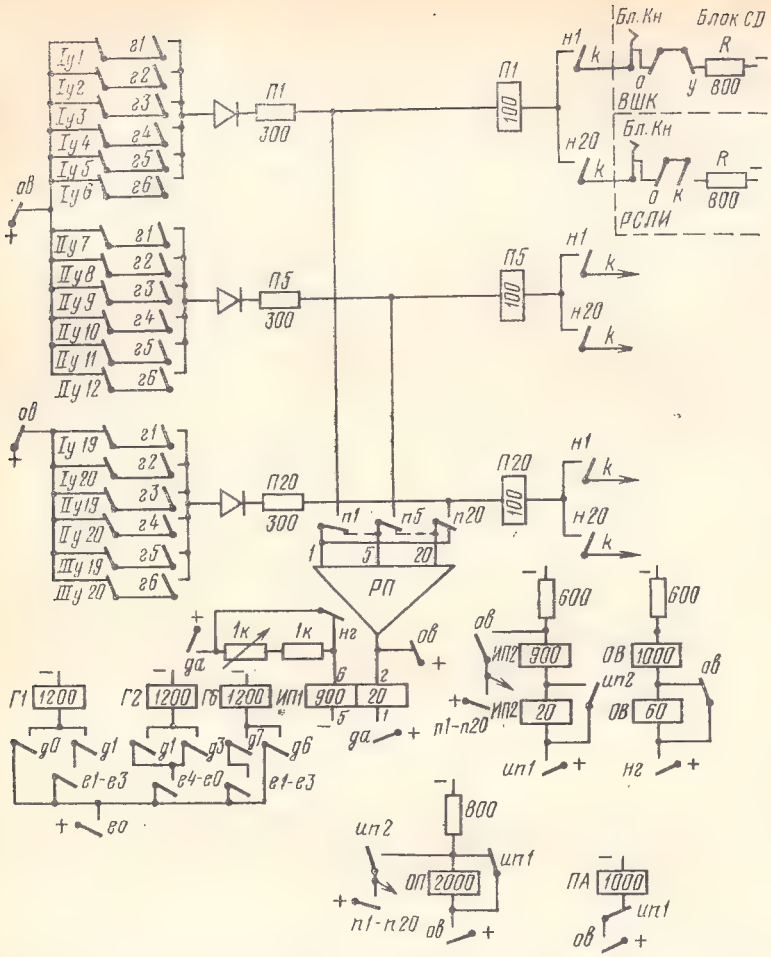


Рис. 6.34. Пробное устройство *ПУ* маркера блока *ГИ* АТСК на 400 выходов

группу из 20 исходящих линий одного направления. Каждое пробное реле обслуживает шесть ПЛ, включенных на входы коммутатора звена *В* и 20 исходящих линий, подключенных к его выходам. Групповые реле *Г1—Г6* определяют номер коммутатора звена *А*, где появился вызывающий вход. Цепь срабатывания группового реле обеспечивается контактами реле определителя входов в соответствии с нумерацией входов блока (см. рис. 6.7). Сработавшее групповое реле создает 20 цепей для пробы ПЛ, включенных в выходы соответствующего коммутатора звена *А*.

Реле ограничения времени пробы *ОВ* включается одновременно с пробными реле, но имеет увеличенное время срабатывания (20—25 мс). При срабатывании реле *ОВ* выключаются пробные

цепи и «лишние» сработавшие пробные реле отпускают. Реле отсутствия свободных соединительных путей *ОП* действует в том случае, если при испытании линий пробные реле не сработали.

Реле *ИП1* и *ИП2* обеспечивают несрабатывание пробных реле при параллельной пробе двумя маркерами свободной исходящей линии. Использование двух реле позволяет отличить три состояния пробного устройства после срабатывания реле *ОВ*: выбрана свободная линия (реле *ИП1* и *ИП2* отпускают), параллельная проба (работает только реле *ИП1*) и отсутствуют свободные соединительные пути (реле *ИП1* и *ИП2* работают). Общее пробное реле *ПА* срабатывает после успешного завершения пробы линий и создает совместно с пробными и групповыми реле цепи для срабатывания электромагнитов МКС.

Действие пробного устройства проследим по рис. 6.33 и 6.34. Выбираемая промежуточная линия должна удовлетворять следующим трем условиям: быть свободной, быть доступной вызывающему входу блока, иметь доступ к свободной исходящей линии требуемого направления. Свободность ПЛ проверяется помещением в пробную цепь головного контакта y вертикали МКС звена B, поскольку ПЛ соединены с вертикалями этого звена. При свободности ПЛ головной контакт вертикали замкнут.

Для выполнения второго условия сработавшее групповое реле подключает к каждому пробному реле головной контакт лишь той вертикали звена B, которая доступна входу, по которому поступил вызов. При свободности исходящей линии на пробный провод k подается отрицательная полярность через резистор с сопротивлением 800 Ом. При доступности $D=40$ ($q=2$) сначала контактами реле направления H подключается для пробы одна группа из 20 исходящих линий, а если ни одно из пробных реле не сработает, то контактами другого реле направления подключается для пробы вторая группа из 20 исходящих линий. Очередность пробы групп линий меняется релейным переключателем преимущества при каждом занятии маркера. Подобным образом работает *ПУ* и при $D=60$.

Допустим, что вызов поступил на один из входов первого коммутатора звена A блока *ГИ*. В этом случае после завершения действия определителя входов срабатывает реле *Г1* и подготавливает 20 пробных цепей для реле *П1—П20*. В каждой из этих цепей находится головной контакт вертикали МКС звена B, доступной входу, по которому поступил вызов. Из схемы группообразования видно, что входу первого коммутатора звена A доступны в звене B 20 вертикалей *I1*, ..., *I17*, ..., *I19*. Контактами реле *ДА* определителя входов включается и срабатывает реле *ИП1*. Вслед за ним срабатывает реле *ИП2*.

После приема адресной информации из регистра в схеме фиксатора направлений *ФН* маркера срабатывает соответствующее реле направления H и подключает к пробным реле провода k 20 исходящих линий. Затем срабатывают пробные реле при свободности доступных исходящих линий (такт 1), но только одно

из сработавших реле останется в работе через контактную пирамиду распределителя преимущества *РП*. Для пробного устройства используется сдвоенный распределитель преимущества на 20 положений, образованный из контактных пирамид *РПД* на четыре положения и *РПЕ* на пять положений. Одновременно с созданием пробных цепей групповое реле направления *НГ* замыкает цепь реле ограничения времени пробы *ОВ*. Последнее за счет шунтированной обмотки 60 Ом срабатывает с замедлением (такт 2). При этом оно обрывает цепи сработавших пробных реле и лишь одно из них, имеющее преимущество, удерживает через свой контакт и контактную пирамиду *РП*. После срабатывания реле *ОВ* снимается шунт со второй обмотки реле *ИП1* (20 Ом), которая включается в цепь удержания пробного реле. Эта обмотка создает размагничивающую *МДС*, и реле *ИП1* отпускает (такт 3). За ним отпускает реле *ИП2*. Последним срабатывает общее пробное реле *ПА* (такт 4), которое совместно с другими реле включает электромагниты МКС для коммутации в блоке. Реле *ОП*, шунтированное контактами реле *ИП2*, а затем *ИП1*, не может сработать. График действия пробного устройства при выборе свободной линии приведен на рис. 6.35*а* для случая, когда срабатывают пробные реле *П1* и *П5*, причем *РП* находится в положении, где реле *П1* имеет преимущество для удержания.

Диоды, установленные в пробных цепях, необходимы для развязки цепей удержания пробных реле. При отсутствии диодов вследствие наличия общей точки, где подключается контакт реле *ОВ*, все сработавшие пробные реле получали бы плюс для удержания через *РП* и контакт пробного реле, имеющего преимущество.

Блокировка занятой исходящей линии до освобождения маркера обеспечивается шунтированием пробующего реле другого маркера низкоомной обмоткой сработавшего пробного реле. В дальнейшем занятая линия при установлении соединения на очередной ступени искания блокируется путем шунтирования пробующего реле маркера плюсом, подаваемым из регистра. После завершения соединения в блоке на следующей ступени группового искания данной РАТС занятая линия длительно блокируется путем обрыва пробной цепи в головном контакте вертикали звена *А* этого блока. При установлении соединения к ступени *АИ* или к другой АТС занятая линия блокируется обрывом цепи соответственно в *ВШК* или *РСЛИ*.

Возможны редкие случаи, когда свободную исходящую линию параллельно пробуют реле двух маркеров блоки *ГИ*. В этом случае каждое из пробующих реле получает ток, меньший тока срабатывания, но больший тока несрабатывания, указанных в паспорте. Для устранения возможности параллельных соединений в маркере блока *ГИ-3* предусматривается схемное решение. Вторая обмотка реле *ИП1* при параллельной пробе получает уменьшенный ток, и возникающая размагничивающая магнитодвижущая сила недостаточна для отпускания реле *ИП1*. Для обеспечения

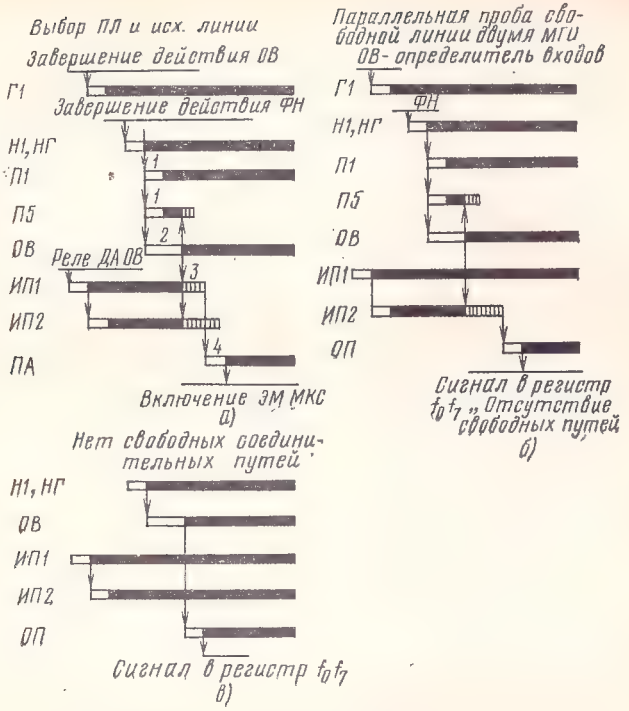


Рис. 6.35. Графики действия *ПУ МГИ*:
***а*) проба свободной линии к ступени *ПГИ*; *б*) параллельная проба свободной линии двумя *МГИ*; в) проба при отсутствии свободных соединительных путей**

отпускания реле *ИП1* при одинарной пробе и удержания при параллельной пробе его настройка осуществляется изменением величины сопротивления в цепи первой обмотки. Из графика рис. 6,35*б* видно, что реле *П1* участвует и срабатывает при параллельной пробе. После срабатывания реле *ОВ* шунтируется и отпускает реле *ИП2*. При этом снимается шунт и срабатывает реле *ОП*. В регистр посылается сигнал «Отсутствие свободных соединительных путей», и маркер освобождается.

При осуществлении пробы в маркере блока *ГИ* могут возникать потери сообщения в следующих случаях: все 20 ПЛ, доступных входу, заняты; все $D_{макс}$ выходов нужного направления заняты; заняты промежуточные линии к коммутаторам звена *В*, где имеются свободные исходящие линии выбранного направления. Во всех этих случаях ни одно из пробных реле не действует, и после срабатывания реле *ОВ* (рис. 6.35*в*) включается цепь реле *ОП*, а реле *ИП1* и *ИП2* удерживают. Маркер посылает в регистр частотный сигнал «Отсутствие свободных соединительных путей» и освобождается после снятия регистром плюса с провода *d*.

Фиксатор направления

В маркерах, обслуживающих коммутационные блоки на ступенях *ГИ*, для выбора направления используется релейный фиксатор направления, который принимает адресную информацию из регистра и выбирает соответствующее направление. Фиксатор направления позволяет применять однозначные и многозначные коды, а также обеспечивает заданную доступность при пробе линий выбранного направления. В системе АТСК (АТСК-У) на ступенях *ГИ* могут применяться одно-, двух-, трех- и даже четырехзначные коды для выбора направления. В зависимости от цифры, полученной из регистра, фиксатор направления с помощью определителя значности кода создает цепь для срабатывания соответствующего реле направления или посылает в регистр кодовый сигнал «Выдать следующую цифру».

ГЛАВА 7

КООРДИНАТНЫЕ АТС

7.1. КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ КООРДИНАТНЫХ АТС

Идея построения коммутационного прибора с релейными контактами, которые замыкаются с помощью координатных реек, была предложена в 1914 г. Рейнольдсом (США). Позднее такое устройство, усовершенствованное Бетуландером и Пальгремом, применили в Швеции, где в 1926 г. была пущена первая городская координатная АТС. В начале 40-х годов известная шведская фирма «Эриксон» приступила к разработке и производству различных систем координатных АТС для городской, междугородной и сельской связи (ARF-50, ARM-20 и др.). В 50-х годах системы координатных АТС были созданы во Франции (Пентаконта) и в Англии (5005). В 60-х годах были разработаны городские координатные АТС в Чехословакии (РК-20) и ГДР (АТС-65).

В Советском Союзе разработка координатных АТС различного назначения была начата в первой половине 50-х годов. В 1956 г. было организовано производство городских координатных подстанций на сто номеров (ПС-МКС-100), а в последующие годы были разработаны сельские координатные АТС малой и средней емкости (К-40/80, К-100/2000 и К-50/200). Модификация АТС типа К-100/2000 выпускается также для учрежденческой связи. В середине 60-х годов завершилось создание координатной системы типа АТСК для городских телефонных сетей. С целью уменьшения затрат на абонентские линейные сооружения ЛОНИИС совместно с заводом «Тесла-Карлин» (Чехословакия) была разработана городская координатная подстанция на 1000 номеров ПСК-1000, которая успешно используется на многих ГТС. Была создана координатная учрежденческо-производственная АТС

(УПАТС-100/400) Ленинградским производственным объединением «Красная заря». Для автоматизации междугородной телефонной связи начали выпускаться координатные АМТС большой и средней емкости (АМТС-2 и АМТС-3).

В девятой пятилетке были выполнены большие исследовательские и опытно-конструкторские работы по модернизации и усовершенствованию городских и сельских систем координатных АТС с целью повышения надежности действия коммутационной аппаратуры, увеличения пропускной способности, уменьшения стоимости оборудования и создания комплекса контрольно-проверочной аппаратуры. Были разработаны усовершенствованная система АТСК-У и модернизированная система АТС К-50/200М. Оборудование координатных систем АТС для всех видов телефонной связи будет совершенствоваться и широко изготовляться в ближайшие 20—25 лет одновременно с организацией производства квазиэлектронных систем АТС. В данной главе будут рассмотрены отечественные координатные системы АТС, предназначенные для городской, сельской и учрежденческой связи.

7.2. КЛАССИФИКАЦИЯ КООРДИНАТНЫХ АТС

Все современные координатные АТС характеризуются обходным способом установления соединения и регистровым управлением. Коммутационные блоки построены на МКС, а маркеры и регистры имеют в основном релейные функциональные устройства. При усовершенствовании координатных АТС для маркеров и регистров были разработаны некоторые электронные функциональные устройства с целью уменьшения времени действия, повышения надежности работы и стабилизации параметров сигналов.

По построению коммутационного оборудования и управляющих устройств различают четыре вида координатных АТС:

1) с последовательным установлением соединения по ступеням искания и с абонентскими регистрами, участвующими в установлении всего соединения;

2) с регистровыми устройствами и маркерами, распределенными по ступеням искания;

3) с абонентскими регистрами и управлением в пределах нескольких ступеней искания для выполнения определенной коммутационной задачи при установлении соединения;

4) с централизованным управлением в пределах всей станции без разделения коммутационного оборудования на ступени искания.

Большинство систем координатных АТС относится к первому виду. Так, в отечественных системах АТСК, АТСК-У, К-100/2000 предусматривается установление соединения по ступеням искания с использованием абонентских регистров. При этом уменьшается объем регистрового оборудования и применяются сравнительно несложные маркеры.

В предыдущей главе были рассмотрены принципы построения, функциональные схемы, коммутационные блоки и управляющие устройства координатных систем АТС первого вида. На рис. 7.1*а* приведена схема соединительного тракта системы АТСК, относящейся к первому виду. При установлении соединения по ступеням искания выбор линий производится на каждой ступени независимо от возможности их дальнейшего подключения к вызываемой линии.

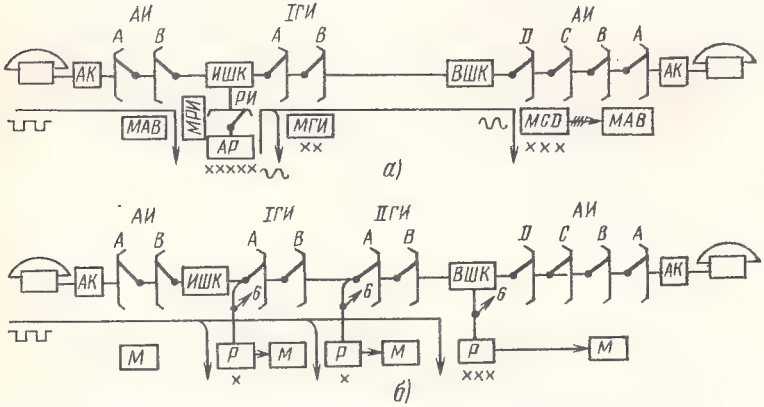


Рис. 7.1. Схемы соединительных трактов координатных систем АТС с управлением по ступеням искания:
а) с абонентскими регистрами; *б)* с регистрами на ступенях искания

Существуют координатные АТС второго вида, где на ступенях группового и абонентского искания используются регистры, принимающие адресную информацию, необходимую для установления соединения в пределах лишь одной ступени искания. К этому типу АТС относится шведская система ARF-50, которая применяется на некоторых ГТС в СССР. Аналогичная система по способу построения регистров разработана в ГДР (АТС-65). На рис. 7.1*б* приведена схема соединительного тракта системы ARF-50. Соединение на каждой ступени *ГИ* должно завершиться до начала посылки абонентом серии импульсов, предназначенной для очередной ступени искания. На приведенной схеме регистр ступени *ГИ* принимает одну цифру, и поэтому число направлений в блоке *ГИ* равно десяти. Можно предусмотреть прием регистром *ГИ* также и двух цифр, но с определенной первой цифрой. В системе ARF-50 используются тысячелинейные блоки *АИ*, и поэтому регистр ступени *АИ* принимает последние три цифры номера. Преимуществом АТС второго вида является упрощение связи с АТСДШ, потому что при входящем сообщении импульсы набора номера могут непосредственно приниматься регистрами на ступенях искания. При исходящем сообщении серии абонентских импульсов

транслируются через *ИШК* и направляются в искатели АТСДШ. Координатные системы АТС с распределенными регистрами по своим возможностям близки к системам АТС с непосредственным управлением.

В координатных системах АТС третьего вида при внутристанционных соединениях предусматривается лишь одна ступень *ГИ* с двухзвенными или трехзвенными коммутационными блоками большой емкости до 1000 исходящих линий. Управление осуществляется с помощью абонентских регистров и маркеров, которые обеспечивают установление соединения в пределах одной или двух ступеней искания (рис. 7.2*а*). На ступени *АИ* используются

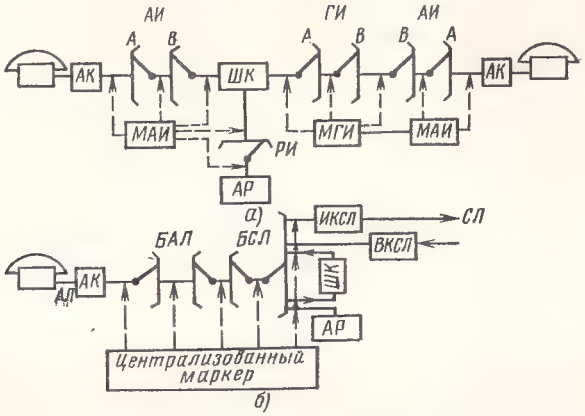


Рис. 7.2. Схемы соединительных трактов координатных систем АТС с централизацией управляющих устройств:
а) с функциональными маркерами; *б)* с централизованными маркерами

двухзвенные блоки для исходящего и входящего сообщений. Каждый коммутационный блок в зависимости от его емкости обслуживается одним или двумя индивидуальными маркерами. При исходящем сообщении маркер блока *АИ* выполняет функцию подключении линии вызывающего абонента к регистру. При этом маркер осуществляет обусловленное искание в пределах ступеней абонентского и регистрового искания. После набора номера при внутристанционном сообщении маркеры ступени *ГИ (МГИ)* и *АИ (МАИ)*, получив необходимую адресную информацию из регистра, работают совместно для выполнения функции подключения линии вызывающего абонента к вызываемой линии. При установлении соединения на ступени *ГИ* занимается такая свободная и доступная исходящая линия, которая в блоке *АИ* через свободную ПЛ имеет доступ к вызываемой абонентской линии. Поэтому отпадает необходимость в звене *С* на ступени *АИ*. Такой способ управления применяется в английской системе типа 5005 А и во французской системе Пентаконта 1000 В.

В координатных системах АТС четвертого вида с централизованным управлением коммутационное оборудование не делится на ступени искания, а применяется общая коммутационная система. Централизованные маркеры управляют соединением, осуществляя обусловленное искание «от конца к концу» в пределах всей АТС. При этом несколько сокращаются объем коммутационного оборудования и время установления соединения, потому что в процессе обусловленного искания выбираются на каждом участке соединительного тракта такие пути, которые обеспечивают коммутацию линий вызывающего и вызываемого абонентов. Однако централизованное управление не получило широкого применения в координатных системах АТС, потому что релейные централизованные маркеры весьма сложны, а срок службы и время действия реле недостаточны для эффективного использования их в подобных устройствах. На рис. 7.2*б* показана схема соединительного тракта АТС с централизованным управлением системы «Кроссбар № 1» (США). Коммутация осуществляется через двухзвенные блоки абонентских линий *(БАЛ)* типа ВППВ и двухзвенные блоки соединительных линий *(БСЛ)* типа ПВВП.

7.3. ГОРОДСКИЕ КООРДИНАТНЫЕ СИСТЕМЫ АТСК И АТСК-У

Общая характеристика

Оборудование систем АТСК и АТСК-У предназначено для использования на районных станциях и узлах телефонного сообщения городских телефонных сетей [12, 13].

Маркеры представляют собою в основном релейные управляющие устройства с постоянными («жесткими») связями между функциональными устройствами. Набираемый абонентом номер принимается и запоминается абонентским регистром, который участвует в установлении всего соединения. Управление соединением осуществляется по ступеням искания *(АИ, РИ, ГИ)* с помощью индивидуальных для каждого коммутационного блока маркеров. На ступенях искания (кроме *РИ* в АТСК) применяются двухзвенные коммутационные блоки. Указанные особенности позволяют использовать сравнительно простые маркеры, что повышает надежность их действия и облегчает эксплуатацию.

С целью дальнейшего повышения надежности действия оборудования городских координатных АТС, сокращения капитальных и эксплуатационных затрат на станционные сооружения, улучшения технологии производства аппаратуры и уменьшения площади автозапа в 1975 г. было завершено усовершенствование системы АТСК и в 1978 г. начнется серийное производство оборудования АТСК-У. При усовершенствовании сохранены схемы коммутационных блоков на ступенях абонентского и группового искания, принципы управления соединением и способы передачи сигналов. Разработаны двухзвенные ступени регистрового искания для под-

ключения абонентских и входящих регистров с целью повышения использования сложного и дорогого регистрового оборудования. Использованы малогабаритные абонентские комплекты. Значительно повышена надежность действия устройств и тракта для передачи и приема частотных управляющих сигналов. Предусмотрено использование отдельных электронных устройств в маркерах и регистрах, а также в контрольно-испытательной аппаратуре с целью повышения скорости действия приборов, стабилизации временных параметров сигналов, увеличения надежности работы и уменьшения габаритов оборудования. Усовершенствованное и новое оборудование составляет в системе АТСК-У 65% от всего станционного оборудования.

В качестве коммутационных устройств в системах АТСК и АТСК-У используются МКС, электромагнитные реле и электронные элементы. В коммутационных блоках на ступенях искания применяются унифицированные МКС четырех типов: двухпозиционный шестипроводной МКС 20×10×6; трехпозиционный шестипроводной МКС 10×20×6; трехпозиционный трехпроводной МКС 20×20×3 и двухпозиционный двенадцатипроводной МКС 10×12×12. В абонентских, шнуровых и линейных комплектах применяются реле типа РПН. Для маркеров и регистров используются реле типа РЭС-14. Транзисторы нашли применение в устройствах передачи и приема частотных сигналов, а также в отдельных функциональных устройствах регистров и маркеров.

Электрические параметры абонентских и соединительных линий в системах АТСК и АТСК-У указаны в табл. 7.1.

Таблица 7.1

ПАРАМЕТРЫ АБОНЕНТСКИХ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СИСТЕМАХ АТСК И АТСК-У

Наименование линий	Сопротивление шлейфа, Ом	Емкость между проводами и по отношению к земле, мкФ	Сопротивление утечки, кОм
Абонентская (без ТА)	1000	0,5	80
Абонентская, включаемая в комплекты удаленных аппаратов КУА	2000	1	20
Соединительная с другими РАТС	3000	1,6	150

Электропитание оборудования осуществляется от источника постоянного тока 60 В с допустимыми отклонениями в пределах 58—66 В. Разность потенциалов между заземлениями станционных батарей различных АТС допускается ±8 В.

Рабочее затухание станционного четырехполюсника для частоты 800 Гц не превышает 0,87 дБ, а переходное затухание на этой частоте свыше 78 дБ. Псофометрическое напряжение шумов в разговорном тракте — не более 0,5 мВ.

При установлении соединений абоненты получают стандартные по рекомендациям МККТТ акустические сигналы. Линейные

сигналы при местных и междугородных соединениях по составу и способу передачи соответствуют сигналам, принятым в типовых декадно-шаговых системах.

Абонентские линии освобождаются после одностороннего отбоя. Соединительные устройства в системе АТСК освобождаются лишь после отбоя вызываемого абонента с посылкой сигнала «Занято» вызывающему (безотбойному) абоненту из его абонентского комплекта. В системе АТСК-У после отбоя вызываемого абонента освобождаются все соединительные устройства, кроме блока *АВ* ступени *АИ* и *ИШК*, из схемы которого посылается сигнал «Занято» вызывающему (безотбойному) абоненту. Если безотбойным является вызываемый абонент, то сигнал «Занято» посылается ему из *ВШК* в системах АТСК и АТСК-У.

Построение коммутационных блоков на ступенях искания

Ступень абонентского искания. В системах АТСК и АТСК-У на ступени *АИ* применяются тысячелинейные абонентские группы для исходящего и входящего сообщений с целью укрупнения пучков *ИШК* и *ВШК*. Каждая такая группа, если она используется для индивидуальных абонентских линий, состоит из десяти столинейных двухзвенных блоков *АВ*, предназначенных для исходящего и входящего сообщений, и трех-четырех двухзвенных входящих блоков *CD*, необходимых только для входящего местного и междугородного сообщений. Функциональная схема тысячелинейной абонентской группы на ступени *АИ* приведена на рис. 7.3. Каждая тысячелинейная абонентская группа на ступени

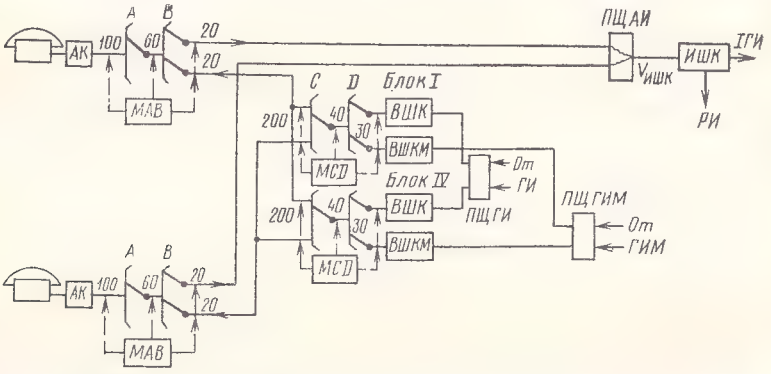


Рис. 7.3. Функциональная схема тысячелинейного блока на ступени *АИ* в системах АТСК и АТСК-У

АИ обслуживается при исходящем сообщении пучком *ИШК*, при входящем сообщении — пучком *ВШК* и при междугородной связи— пучком *ВШКМ*. Неполнодоступное равномерное включение *ИШК* осуществляется на промщите *АИ (ПЩ АИ)*.

Указанное построение ступени *АИ* позволяет применять в случае необходимости неполные тысячелинейные абонентские груп-

ны. Схемы маркеров, обслуживающие небольшие по емкости двухзвенные коммутационные блоки, получаются не очень сложными. Кроме того, при таком построении ступени *АИ*, в случае повреждения маркера абонентского блока *АВ*, лишаются связи только 100 абонентов, а при выходе из строя маркера входящего блока *CD* лишь увеличиваются потери сообщения вследствие уменьшения числа действующих входящих линий.

Сотенный блок *АВ* построен на пяти МКС 20×10×6, из которых три применяются на звене *А*, а два — на звене *В*. Предусматриваются 60 промежуточных линий между звеньями *А* и *В*, 20 линий к *ИШК* и 20 ПЛ для связи с блоками *CD*. Абонентские линии в поле вертикалей звена *А* включены транспонированным способом. Схема блока *АВ* изображена на рис. 6.31.

Входящий блок *CD* построен на пяти МКС, из которых два МКС 20×10×6 применяются в звене *С*, а три МКС 10×20×6 — в звене *D*. Каждый блок *CD* содержит 30 входов из ступеней *ГИ* и *ГИМ*, 40 ПЛ между звеньями *С* и *D* и 200 ПЛ к блокам *АВ*. Последние запараллеливаются во всех блоках *CD* одной абонентской группы *АИ* и образуют 10 направлений по 20 линий к каждому блоку *АВ*. Комплекты *ВШКМ* включаются в определенные десять входов блока *CD*.

Функциональная схема блока *CD* с указанием его параметров приведена на рис. 7.4*а*. Схема группообразования блока показана на рис. 7.4*б* и *в*.

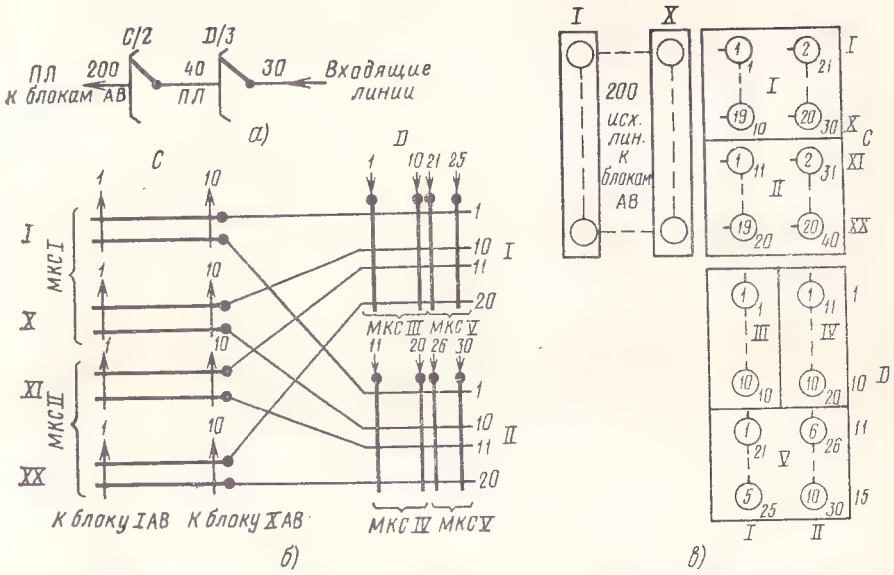


Рис. 7.4. Входящий коммутационный блок *CD* на ступени *АИ* в системах АГСК и АТСК-У:
а) функциональная схема; *б*) и *в*) схема группообразования

В звене *D* для получения 40 выходов к звену *C* образовано два коммутатора по 15 вертикалей в каждом. К входам вертикалей подключаются входящие линии. В звене *C* для получения 200 ПЛ к звену *B* образовано 20 коммутаторов по две вертикали в каждом.

На рис. 7.5 представлена схема группообразования для тысячелинейной абоненской группы ступени *АИ*, где указаны лишь один блок *AB* и три блока *CD*. Коммутационные графы для исходящего и входящего сообщений на ступени *АИ* АТСК были рассмотрены в § 6.3.

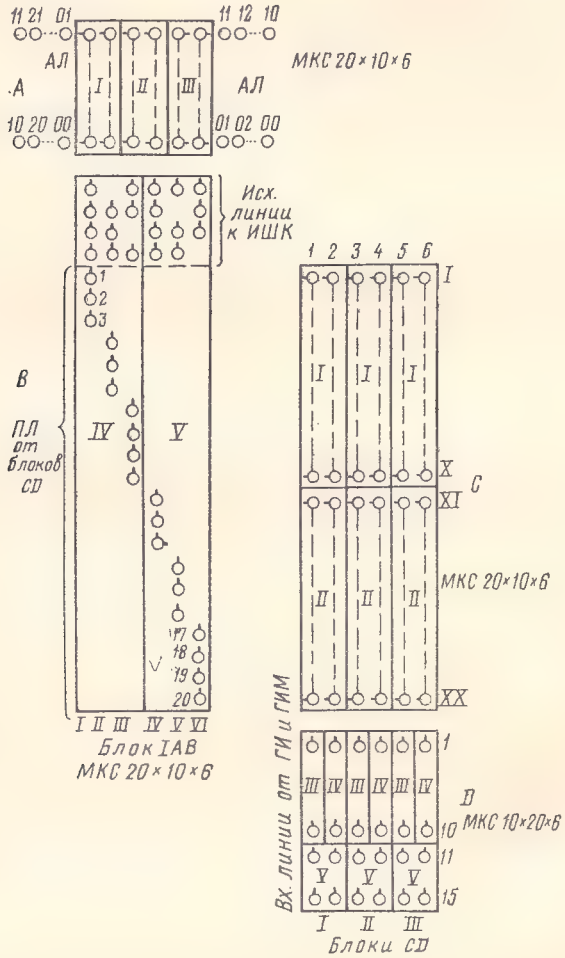


Рис. 7.5. Схема тысячелинейной абонентской группы ступени *АИ* в системах АТСК и АТСК-У

Входящее соединение на ступени *АИ* осуществляется через четыре звена. Обусловленное искание для выбора промежуточных линий между звеньями *ВС* и *АВ*, необходимых для соединения входа блока *CD* с вызываемой абонентской линией, производят совместно *MAB* и *MCD*, между которыми имеются управляющие цепи. При этом участвуют маркер того блока *CD*, в котором находится вход, по которому поступил вызов, и маркер блока *АВ*, куда включена вызываемая абонентская линия.

Из рис. 7.5 видно, что на звене *С* образовано 20 коммутаторов, каждый из которых содержит шесть десятилинейных вертикалей трех блоков *CD*. Одноименные 20 линий во всех коммутаторах образуют направление к соответствующему столинейному блоку *АВ*. Таких направлений, по числу выходов в коммутаторе звена *С*, может быть только 10. Поэтому при входящем сообщении абонентская группа на ступени *АИ* может состоять лишь из десяти столинейных блоков *АВ* и, следовательно, иметь емкость не более 1000 номеров.

Как видно из коммутационного графа (см. рис. 6.10), вход блока *CD* соединяется с любой из двадцати ему доступных вертикалей в звене *С* своего блока. В каждую из них включена одна промежуточная линия к требуемому блоку *АВ*. В блоке *АВ* промежуточные линии включаются во все шесть коммутаторов звена *В*. В результате любой вход блока *CD* может быть подключен к вызываемой абонентской линии через 20 $ПЛ_{CD}$, через все 20 линий между блоками *CD* и *АВ* и через все шесть $ПЛ_{AB}$, доступных абонентской линии.

Ступени группового искания. На ступенях группового искания в системах АТСК и АТСК-У используются коммутационные блоки, имеющие сравнительно небольшое число входящих линий 40, 60 или 80 и емкость поля на 400 или 200 исходящих линий. Такое решение обусловлено следующими соображениями. Для обслуживания более крупных блоков *ГИ* потребовалось бы применить параллельную работу двух индивидуальных маркеров, что усложнило бы управляющие устройства и снизило надежность их действия. При небольших блоках повреждение маркера на ступени *ГИ* незначительно снижает качество обслуживания вызовов. Кроме того, при комплектовании ступени искания небольшими блоками уменьшается число неиспользуемых входов на всей ступени искания. В системах АТСК и АТСК-У на ступенях *ГИ* применяются три типа коммутационных блоков. На районных станциях широко используется односвязный трехпроводной блок *ГИ* 80×120×400, который совместно с маркером размещается на двух стативах. В этом блоке применяются МКС 20×20×3. Маркер трехпроводной ступени группового искания обеспечивает прием из регистра одной, двух, трех или четырех цифр для выбора направления. Доступность в направлении может составлять 20, 40 или 60 линий. В поле блока можно образовать при $D=20$ двадцать направлений. Схема этого блока *ГИ* приведена на рис. 6.7, а ее построение подробно рассмотрено в § 6.3.

Двухсвязный трехпроводной блок *ГИ* 40×40×200 применяется на районных АТС для ступеней группового искания, где требуется с учетом развития не более 200 исходящих линий. В частности, такие коммутационные блоки используются для ступени *ГИК*, где в поле включаются входящие соединительные линии к УАТС малой емкости, и для ступеней группового междугородного искания. Трехпроводной коммутационный блок 40×40×200 и его маркер размещаются на одном стативе. Включение станционных кабелей производится с помощью штепсельных разъемов. Маркер, обслуживающий блок *ГИ* на 200 исходящих линий, может выбирать направление по одной или двум цифрам. Коммутационный блок 40×40×200 позволяет иметь 20 направлений при доступности $D=10$ и десять направлений при $D=20$. Можно образовать также направления с числом линий $V<10$. При этом, чтобы сохранить возможность соединения входа блока с линиями небольшого пучка через 20 ПЛ, нужно использовать все 10 коммутаторов звена *В*. С этой целью некоторые или каждая линия небольшого пучка ($V<10$) включаются в два или три коммутатора звена *В*. Функциональная схема и схема группообразования блока 40×40×200 изображены на рис. 7.6*а* и *б*, на рис. 7.6*в* показано включение направлений с малым числом линий.

Односвязный шестипроводной блок *ГИ* 60×80×400 предназначен для ступеней группового искания на узлах телефонного со-

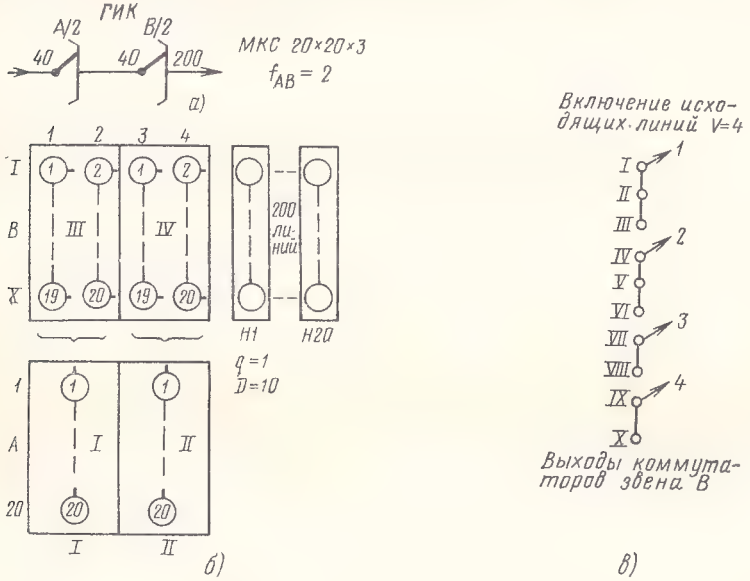


Рис. 7.6. Трехпроводной двухсвязный коммутационный блок *ГИ* 40×40×200:
а) функциональная схема; *б)* схема группообразования; *в)* включение направления с малым числом линий

общения при организации четырехпроводного транзита по уплотненным соединительным линиям. В обоих звеньях блока применяются МКС 10×20×6. Число направлений и доступность такие же, как в блоке 80×120×400.

Ступени регистрового искания. В системе АТСК для подключения исходящих шнуровых комплектов *ИШК* к абонентским регистрам *АРБ (АР)* применяется однозвенная ступень регистрового искания с шестипроводным коммутационным блоком типа *ПВ* (рис. 7.7). Каждый блок *РИ* имеет 40 линий от *ИШК* и

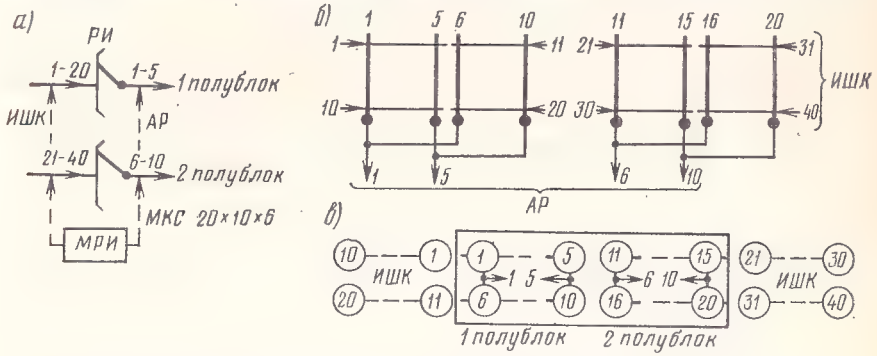


Рис. 7.7. Однозвенный коммутационный блок ступени *РИ* системы АТСК: *а)* функциональная схема; *б)* и *в)* схемы группообразования

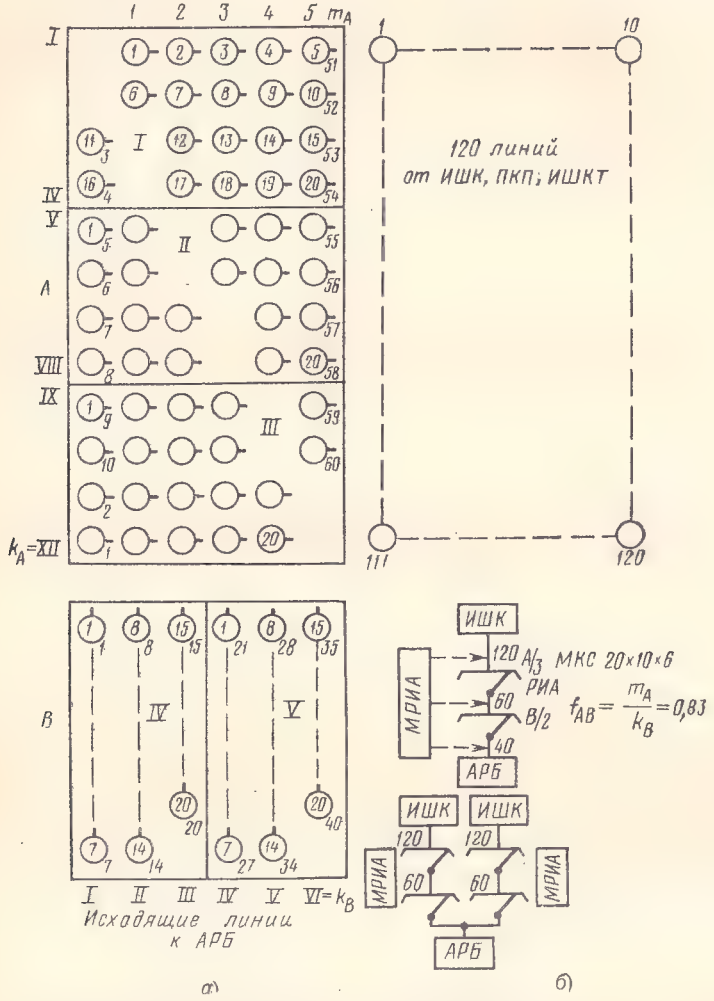
10 линий, подключаемых к абонентским регистрам *АР*. При этом группе из 20 *ИШК* доступны пять регистров. Таким образом, блок *РИ* АТСК, построенный на одном МКС 20×10×6, состоит из двух полублоков 20×5, обслуживаемых общим маркером *МРИ*. В блоке *РИ* используются вертикали емкостью 10 линий, и поэтому для обеспечения доступа каждого *АР* к 20 *ИШК* входы двух вертикалей запараллеливаются. Как видно из схемы, каждый полублок *РИ* представляет коммутатор на 20 входов и 5 выходов.

В системе АТСК обычно пучок *АР* обслуживает две тысячелинейные абонентские группы. С целью повышения использования регистров предусматривается их полнодоступное включение, когда любая вызывающая абонентская линия имеет доступ ко всем регистрам, распределенным по блокам *РИ*. Для выполнения полнодоступного включения 20 *ИШК*, доступных одному блоку *АВ*, включаются по возможности равномерно во все полублоки *РИ*, и применяется обратная блокировка свободных *ИШК*, не имеющих в данный момент доступа к свободным *АР*.

Недостатком режима искания с обратной блокировкой *ИШК* является усложнение пробной цепи маркера блока *АВ* с включением в нее большого числа контактов для проверки свободности *ИШК*, блока *РИ*, *АР*, вертикали *ИГИ* и *МГИ*. В системе АТСК среднее использование абонентских регистров, образующих сравнительно небольшие пучки, равно примерно 0,6 Эрл. Регистры в системе АТСК составляют около 20% от объема всего станцион-

ного оборудования, и поэтому важно повысить использование этих сложных и дорогих приборов.

Для устранения указанных недостатков в усовершенствованной системе АТСК-У абонентские регистры объединяются в крупные пучки и обслуживают поступающие вызовы по системе с ожиданием без обратных блокировок *ИШК*, что обеспечивает высокое использование регистров. Ступень регистрового искания для абонентских регистров *(РИА)* в системе АТСК-У комплектуется из двухзвенных шестипроводных блоков типа ПВПВ 120×60×40 рис. 7.8*а*. В звеньях блока *РИА* используются МКС 20×10×6.



а) *б*)

Рис. 7.8. Ступень *РИА* в системе АТСК-У:
а) схема группообразования коммутационного блока 120×
×60×40; *б*) функциональные схемы ступени *РИА*

Для увеличения группы обслуживаемых *ИШК* два блока *РИА* объединяются по выходам и получается сдвоенный блок, в который включаются 240 *ИШК* и до 40 абонентских регистров. При необходимости включения более 40 *АРБ* выходы блоков *РИА* объединяются не полностью и образуют неполнодоступный пучок с $D=40$. Как видно из схемы группообразования блока *РИА*, изображенной на рис. 7.8*а*, в звене *А* имеется $k_A=12$ коммутаторов по $m_A=5$ выходов в каждом, а в звене $B-k_B=6$ коммутаторов по $n_B=7\div6$ входов в каждом из них. Поэтому связность блока $f_{AB}=m_A/k_B=5/6=0{,}83$. Каждому входу блока доступны выходы лишь в пяти коммутаторах звена *В*, и максимальная доступность в блоке *РИА* $D_{макс}=33\div34$ при $M=40$. Если регистровая нагрузка на вход блока *РИА* равна 0,13 Эрл, то для сдвоенных блоков обеспечивается среднее использование абонентских регистров $\eta=0{,}8$ Эрл, что на 33% выше, чем в системе АТСК. При этом доля задержанных вызовов составляет 0,14 со средним временем ожидания подключения регистра 1,5 с.

Управление блоком *РИА* осуществляется индивидуальным релейным маркером *МРИА* (рис. 7.9). При объединении выходов

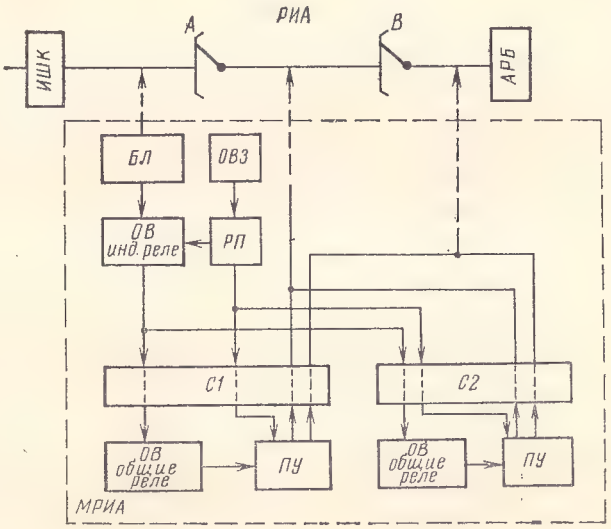


Рис. 7.9. Структурная схема маркера блока *РИА*

двух блоков маркеры каждого блока работают самостоятельно. Если поступают вызовы одновременно в оба маркера, то обеспечивается поочередное преимущество для пробы выходов одному из маркеров. В маркере блока *РИА* имеются следующие функциональные устройства: матричный однопроводной определитель входов *ОВ*, двухэтапное пробное устройство *ПУ*, распределитель пре-

имущества *РП*, устройство для блокировки входов, которые не имеют доступа к свободным регистрам *БЛ*, устройство ограничения времени занятия *ОВЗ* и релейный соединитель *С*. Для повышения надежности работы маркера и увеличения срока службы предусмотрено резервирование пробного устройства и общих реле *ОВ*. Один из комплектов резервируемых устройств подключается при поступлении вызова с помощью релейного соединителя *С*. Номер работающего соединителя меняется при каждом занятии маркера. Если отсутствуют свободные регистры, доступные *ИШК*, то поступивший вызов ставится на ожидание. Для устранения в этом случае непроизводительного занятия маркера предусмотрена блокировка входов, которые в данный момент не имеют доступа к свободным *АРБ*.

Входящие регистры *ВРД* или *ВРДБ* в системе АТСК подключаются к соединительным линиям с помощью подключающих комплектов *ПКВ* без ступени регистрового искания. Такое «жесткое» подключение входящих регистров применяется для снижения времени присоединения регистра, поскольку он должен подключиться за остаток межсерийного интервала времени. Возможно закрепление двух входящих регистров за 6, 8, 10 или 12 *ПКВ*. При «жестком» подключении регистров обратная блокировка СЛ возникает при одновременной занятости двух доступных ей регистров. В результате приходится увеличивать число СЛ. Вторым крупным недостатком отсутствия ступени *РИ* является плохое ис-

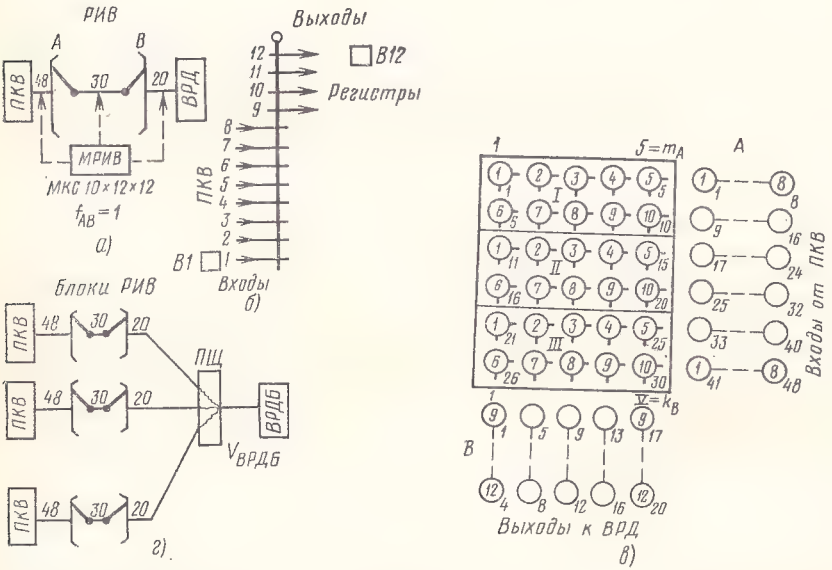


Рис. 7.10. Ступень *РИВ* в системе АТСК-У:
а) функциональная схема; *б)* вертикаль МКС блока *РИВ*; *в)* схема группообразования блока 48×30×20; *г)* включение входящих регистров

пользование входящих регистров, образующих небольшие пучки ($\eta = 0{,}2 \div 0{,}3$ Эрл).

С целью повышения пропускной способности входящих регистров и снижения их числа в системе АТСК-У применяется координатная двухзвенная ступень *РИВ* с электронным маркером. В этом случае время подключения *ПКВ* к *ВРД* или *ВРДБ* составляет 80 мс. Обслуживание вызовов осуществляется с явными потерями без обратных блокировок СЛ. На рис. 7.10*а* показана схема двенадцатипроводного блока *РИВ* типа ПВВП 48×30×20, построенного на трех МКС 10×12×12. Особенностью блока *РИВ* является использование принципа деления поля вертикали, когда в каждую вертикаль МКС включаются восемь входов и четыре выхода. Таким образом, одна и та же вертикаль применяется в звене *А* для включения входящих линий от *ПКВ* и в звене *В* для включения исходящих линий к регистрам. В этом случае двухзвенная коммутация осуществляется в пределах одной вертикали путем одновременного срабатывания при установлении соединения двух выбирающих электромагнитов МКС (рис. 7.10*б*). При символическом изображении блока *РИВ* (рис. 7.10*в*) вертикаль обозначается кружком с двумя черточками, одна из которых обращена в сторону входов, а другая — в сторону выходов блока.

Занятие входов блока *РИВ* происходит независимо от состояния маркера. Для уменьшения времени ожидания подключения маркера предусмотрено сравнительно небольшое число входов блока. Входящие регистры подключаются к выходам блоков *РИВ* неполнодоступным пучком, причем каждый блок *РИВ* является нагрузочной группой с доступностью $D_{макс} = 20$ (рис. 7.10*г*). Благодаря укрупнению пучка входящих регистров среднее использование их вдвое выше, чем в системе АТСК, и составляет $\eta = 0{,}5 \div 0{,}6$ Эрл.

Рассмотрим принципы построения электронного маркера блока *РИВ*, структурная схема которого приведена на рис. 7.11. Для определения номера вызвавшего входа применяются определитель *ОВ* и дешифратор входов $Дш_{вх}$. Обусловленное искание ПЛ и регистра осуществляют пробное устройство *ПУ* и дешифратор выходов $Дш_{вых}$. Кроме того, имеются устройства для включения удерживающих *У* и выбирающих *В* электромагнитов, устройство ограничения времени занятия маркера *ОВЗ*, а также два мультивибратора и два одновибратора. Принцип действия электронного динамического определителя был рассмотрен в § 6.6.

Дешифратор входов $Дш_{вх}$, управляемый мультивибратором, производит опрос входов, подавая импульсы в схему *ОВ*. При совпадении сигнала на входе и опросного импульса *ОВ* фиксирует номер вызывающего входа и подает сигнал на одновибратор дешифратора для прекращения опроса входов. Информация о номере входа используется для включения выбирающего электромагнита *В* звена *А*. Дешифратор выходов выполняет опрос выходов путем подачи импульсов в *ПУ*. После фиксации номера вызывающего входа определитель *ОВ* подает

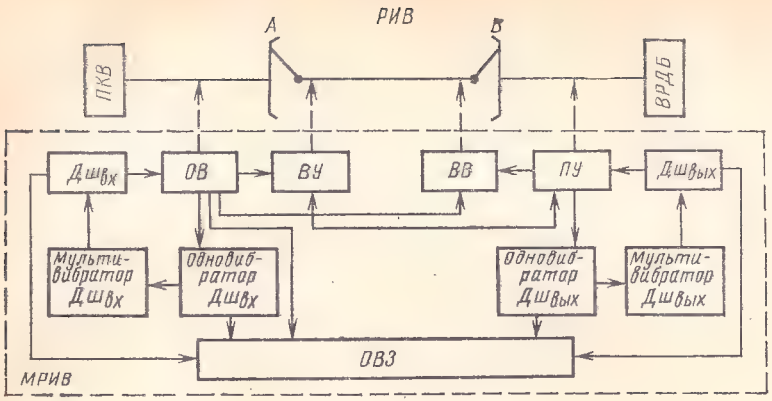


Рис. 7.11. Упрощенная структурная схема маркера блока *РИВ*

сигнал в *ПУ* для осуществления обусловленного искания регистров. Регистр занимается при появлении сигнала на выходе $Дш_{вых}$, если вход блока имеет доступ к этому регистру через свободную ПЛ. Затем одновибратор $Дш_{вых}$ прекращает опрос выходов. Информация о номере выбранного регистра используется для включения выбирающего электромагнита звена *В* и удерживающего вертикали. После установления соединения *ПКВ* выключает цепь занятия маркера. Последний возобновляет опрос входов и выходов блока *РИВ* для обслуживания следующих вызовов.

Регистры

В системах АТСК и АТСК-У используется несколько типов регистров, которые отличаются назначением, числом принимаемых цифр, способом выдачи информации и способом подключения к шнуровым комплектам (рис. 7.12).

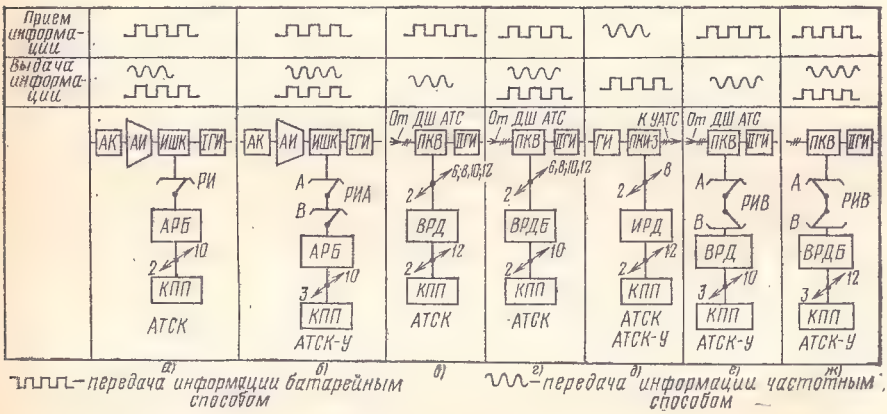


Рис. 7.12. Регистры в системах АТСК и АТСК-У

Абонентские регистры подключаются с помощью однозвенной (рис. 7.12*а*) или двухзвенной (рис. 7.12*б*) ступени регистрового искания к следующим приборам: исходящим шнуровым комплектам *ИШК* при обслуживании вызовов, поступающих по абонентским линиям; исходящим шнуровым комплектам таксофонов *ИШКТ*, если вызовы поступают из таксофонов; подключающим комплектам подстанций *ПКП* при установлении соединений от подстанций или УАТС.

В зависимости от нумерации, применяемой на ГТС, абонентские регистры бывают 5-значные, 5—6-значные или 6—7-значные. В настоящее время на городских АТС устанавливаются абонентские регистры *АРБ*, в которых используются два способа выдачи информации: частотный для передачи информации в маркеры и батарейный для передачи информации в искатели декадно-шаговых АТС, во входящие регистры подстанций и координатных УАТС. В дальнейшем, когда на ГТС будут эксплуатироваться в основном координатные АТС, окажется экономичным применять более простые абонентские регистры *АР* без передатчиков декадных импульсов, а для связи с районными декадно-шаговыми АТС использовать, кроме *АР*, еще исходящие регистры *ИРД*.

Входящие регистры устанавливаются на районных АТС или узлах телефонного сообщения для приема информации батарейным способом от абонентов АТСДШ Эти регистры подключаются ко входящим соединительным линиям в системе АТСК без ступени *РИ* (рис. 7.12*в*), а в системе АТСК-У — с помощью ступени *РИВ* (рис. 7.12*е*). По способу выдачи информации входящие регистры бывают двух видов — *ВРД* и *ВРДБ*. В регистрах *ВРД* накопленная информация передается частотным способом в маркеры или в исходящие регистры *ИРД*, а регистры *ВРДБ* имеют передатчик декадных импульсов и могут выдавать адресную информацию частотным или батарейным способом. При использовании *ВРДБ* повышается общая стоимость входящих регистров, но отпадает необходимость в установке *ИРД* для связи с декадно-шаговыми УАТС и координатными подстанциями. Входящие регистры бывают 1—2-значные, 4-значные, 5-значные и 6-значные. Одно-двузначные *ВРД* используются на узлах специальных служб, 4-значные *ВРД* применяются на районных АТС, 5-значные *ВРД* устанавливаются на входящих, а 6-значные *ВРД* — на исходящих узлах. *ВРДБ* выпускаются 4—5-значные и 6-значные.

Исходящие регистры, используемые при связи с АТСДШ, принимают информацию частотным способом из *АРБ*, *АР* или *ВРД*, а выдают ее батарейным способом. Двух-трехзначные исходящие регистры необходимы на районной АТС для связи с декадно-шаговыми УАТС и координатными подстанциями, если на этой РАТС применяются входящие регистры *ВРД*. На координатных узлах входящего сообщения используются четырехзначные *ИРД* для направлений к районным декадно-шаговым АТС, если на этом узле установлены входящие регистры без передатчиков декадных импульсов. Исходящий регистр без ступени *РИ* подключается к СЛ

через подключающие комплекты (*ПКИ-2* или *ПКИ-3*). Два *ИРД* закрепляются за восемью *ПКИ*.

В системах АТСК и АТСК-У предусмотрены промежуточные регистры *ПР*, которые подключаются к заказно-соединительным линиям при исходящей связи к АМТС типа АМТС-2 и АМТС-3.

Устройства передачи и приема управляющих сигналов

В системах АТСК и АТСК-У в процессе установления соединения управляющие сигналы между регистрами и маркерами передаются по разговорному тракту. Для формирования каждого сигнала, посылаемого из регистра или маркера, в системе АТСК-У используется комбинация двух частот из шести (код «2 из 6»). В системе АТСК сигналы из маркера передаются кодом «2 из 5», а из регистра — кодом «2 из 6». Многочастотный код применяется также для передачи информации из РАТС на АМТС при автоматическом установлении исходящего междугородного соединения.

Устройства передачи и приема частотных сигналов состоят из общестанционного многочастотного электронного генератора *МГ* и кодовых приемопередатчиков *КПП*. На стативе *МГ*, который обслуживает АТС емкостью до 5000 номеров, устанавливаются два комплекта генераторов по шесть генераторов в каждом. Многочастотный генератор, построенный на транзисторах, вырабатывает шесть синусоидальных переменных напряжений: $f_0=700$ Гц, $f_1=900$ Гц, $f_2=1100$ Гц, $f_4=1300$ Гц, $f_7=1500$ Гц, $f_{11}=1700$ Гц с номинальным напряжением на выходе 1,1 В. За каждым маркером закрепляется индивидуальный *КПП*, а для регистров используются групповые *КПП*. В системе АТСК 10 или 12 регистров, установленных на двух стативах, обслуживаются двумя *КПП*. Поскольку в системе АТСК-У нагрузка регистров увеличена, то соотношение между числом регистров и *КПП* изменено. В этой системе десять *АРБ*, размещенных на двух стативах, обслуживаются тремя *КПП*, причем каждому регистру доступны лишь два *КПП*. Если процент координатных АТС на ГТС будет превышать 70, то предусматривается закрепление двух *КПП* за пятью *АРБ* одного статива. На стативе *ВРД* размещаются 10 регистров, за которыми закрепляются три *КПП*. При использовании *ВРДБ*, которые устанавливаются по шесть приборов на стативе, предусматривается, как и для *АРБ*, применение трех *КПП* для двух стативов или двух *КПП* для одного статива регистров. Во всех случаях подключение свободного *КПП* к регистру производится маркером кодовых приемопередатчиков *МКП*. Время ожидания подключения *КПП* к *АРБ* составляет 35—90 мс в зависимости от числа обслуживающих *КПП* и доли координатных АТС на сети.

Кодовый приемопередатчик АТСК-У состоит из электронного приемника *КП*, имеющего шесть приемных реле *Р0, Р1, Р2, Р4, Р7, Р11*, комплекта управляющих реле, семи электронных диодных контактов *ЭК1—ЭК7*, линейного трансформатора *ЛТр* и электронной схемы выдержки времени *ВВ* на 200 мс. Последняя необ-

Таблица 7.2

НАЗНАЧЕНИЕ СИГНАЛОВ МЕЖДУ РЕГИСТРАМИ И МАРКЕРАМИ

Номер сигнала	Комбинация частот	Сигналы из маркера в регистр		Сигналы из регистра в маркер	
		Значение сигналов	Условия посылки сигналов	Значение сигналов	Условия посылки сигналов
1	2	3	4	5	6
1	f_0f_1	Передать частотным способом первую цифру или повторить передачу номера сначала	При запросе адресной информации из маркера *ИГИ* и других приборов	Информация о цифре 1	После получения из маркера сигналов *1, 2, 3* или *6*
2	f_0f_2	Передать следующую цифру частотным способом	При запросе адресной информации маркерами ступеней искания	Информация о цифре 2	То же
3	f_1f_2	Повторить переданную цифру частотным способом	Если необходима цифра, использованная маркером в предыдущей ступени искания	Информация о цифре 3	— » —
4	f_0f_4	Окончание соединения	Передается в случаях, когда вызываемая линия свободна; вызываемая линия занята местным соединением при ручном или полуавтоматическом установлении междугородного соединения	Информация о цифре 4	— » —
5	f_1f_4	Разъединение	Передается в случаях, когда вызываемая линия занята или недоступна при установлении местного соединения;	Информация о цифре 5	— » —

Продолжение табл. 7.2

1	2		4	5	6
			вызываемая линия занята междугородным соединением или недоступна при установлении междугородного соединений; вызываемая линия занята местным соединением при автоматическом установлении междугородного соединения		
6	f_2f_4	Повторить цифру, принятую с искажением	При поступлении в маркер одной или более двух частот	Информация о цифре 6	После получения из маркера сигналов *1, 2, 3* или *6*
7	f_0f_7	Отсутствие соединительных путей	Передается при отсутствии свободных и доступных соединительных путей в коммутационных блоках, для установления регистром повторного соединения по новому тракту	Информация о цифре 7	То же
8	f_1f_7	Передать номер батарейным способом сначала с первой цифры	Передается маркером *ГИ* при установлении соединения к *УИС* декадно-шаговой системы	Информация о цифре 8	— » —
9	f_2f_7	Передать следующую и затем остальные цифры батарейным способом	При установлении соединения к декадно-шаговым АТС, координатным подстанциям и УАТС	Информация о цифре 9	— » —
10	f_4f_7	Повторить ранее переданную и затем остальные цифры батарейным способом	При установлении соединения к декадно-шаговым АТС, если требуется цифра, ранее использованная маркером	Информация о цифре 0	— » —

Окончание табл. 7.2

1	2	3	4	5	6
12	t_1/t_{11}			Подтверждение о получении сигнала	При получении из маркера сигналов *4, 8, 9* и *10*
13	f_2/f_{11}			Повторить сигнал, принятый с искажением	Передается для повторения сигнала, принятого из маркера или *ИРД* с искажением
15	f_7/f_{11}	Отсутствие частотной информации	При потерях информации для осуществления повторного соединения по новому тракту		

ходима лишь для *КПП* маркера. Кодовые приемники размещаются на отдельных стативах. Релейные комплекты *КПП* регистров *РПА* устанавливаются на стативах регистров по два комплекта на стативах *АРБ* и *ВРДБ* и по три комплекта на стативах *ВРД*.

В табл. 7.2 указано назначение управляющих сигналов, которые в системе АТСК-У образуются кодом «2 из 6» и посылаются из маркеров в регистры. Сигналы *1—3* используются для запроса адресной информации частотным способом. Сигналы *8—10* посылаются при необходимости перехода на выдачу информации батарейным способом, сигналы *4* и *5* указывают состояние вызываемой абонентской линии, а сигналы *6* и *7* необходимы соответственно для повторения адресной информации при ее искажении (получение одной или трех частот) и для организации второй попытки установления соединения при отсутствии свободных соединительных устройств на ступени искания.

В системе АТСК-У применяется дополнительный кодовый сигнал *15* «Отсутствие частотной информации», который посылается из маркера в регистр при потерях информации в тракте. При получении этого сигнала регистр нарушает частично установленное соединение и обеспечивает повторное соединение по новому тракту. Благодаря введению такого сигнала в системе АТСК-У повторное соединение при сбоях информации осуществляется через 200 мс вместо 4 с в си-

стеме АТСК, когда оно обеспечивается лишь после технической выдержки времени.

В этой же таблице указаны сигналы, посылаемые из регистров в маркеры в системах АТСК и АТСК-У, и необходимые условия для их посылки.

Частотные сигналы в системе АТСК передаются токами тонального диапазона низкого напряжения через большое число релейных контактов, которые в регистре и маркере не обтекаются постоянным током. Практика эксплуатации оборудования АТСК показала, что в таких цепях возникает большое число сбоев и в результате маркер или регистр получает сигнал, состоящий только из одной частоты, или вообще не получает информацию. Для повышения надежности передачи частотных сигналов в системе АТСК-У используются электронные диодные контакты, которые управляются подачей напряжения 60 В через релейные контакты. Как известно, диодные контакты обеспечивают небольшое и стабильное сопротивление для постоянного тока. На рис. 7.13 приведена схема тракта передачи частотных сигналов, применяемая в системе АТСК-У. В каждом *КПП* установлено семь электронных контактов *ЭК*, из которых шесть используются в цепях передачи частот, а седьмой служит для открывания цепи кодового приемника *КП* во время приема сигнала.

Шесть *ЭК* одного *КПП* подключаются к общей обмотке линейного трансформатора с заземленной средней точкой через резистор *R3*. Кроме того, в цепи передачи имеется заземленная средняя точка выходного трансформатора частотного генератора. Электронный контакт в АТСК-У выполнен на четырех попарно и встречно включенных диодах типа КД-105Б, симметрично расположенных относительно управляющей цепи. При токе управления 5 мА сопротивление диода составляет в среднем 10 Ом.

На рис. 7.13 показана схема посылки двух частот f_0 и f_1 из *АРБ*. При подаче через контактную пирамиду фиксатора *Ф* регистра отрицательного потенциала на среднюю точку *ЭК* его диоды открываются и обеспечивается цепь для передачи тока определенной частоты. При рассмотрении приведенной схемы необходимо учитывать, что к выходной обмотке *Тр* генератора одновременно подключается несколько десятков *ЭК* различных регистров и маркеров, а к обмотке *ЛТр РПА* подключаются параллельно шесть *ЭК* одного *КПП*. Если в этих условиях применить *ЭК* на двух диодах, то при подаче управляющего минуса одновременно открывались бы параллельно включенные *ЭК*.

Рассмотрим взаимодействие регистра и маркера, пользуясь схемой, изображенной на рис. 7.13. При занятии *МГИ* контакты определителя входов реле *ОВ* подключают *КПП* к вызывающему входу. В регистр посылается сигнал «Выдать первую цифру частотным способом», и *КПП* маркера переходит в положение приема управляющего сигнала. В релейной плате абонентских регистров *РПА* срабатывает реле *ВП*, а за ним реле *ПП* (на схеме не показаны). Контактами этих реле через пирамиду фиксатора по-

дается отрицательная полярность для открывания диодов в двух *ЭК*, используемых для выдачи цифры. Одновременно реле *ПП*, снимая минус, запирает *ЭК7* в цепи *КП*. Контактом реле *ПП* выключается реле *ВП*, которое с замедлением отпускает. Длительность посылки частотного сигнала (40 мс) определяется временем

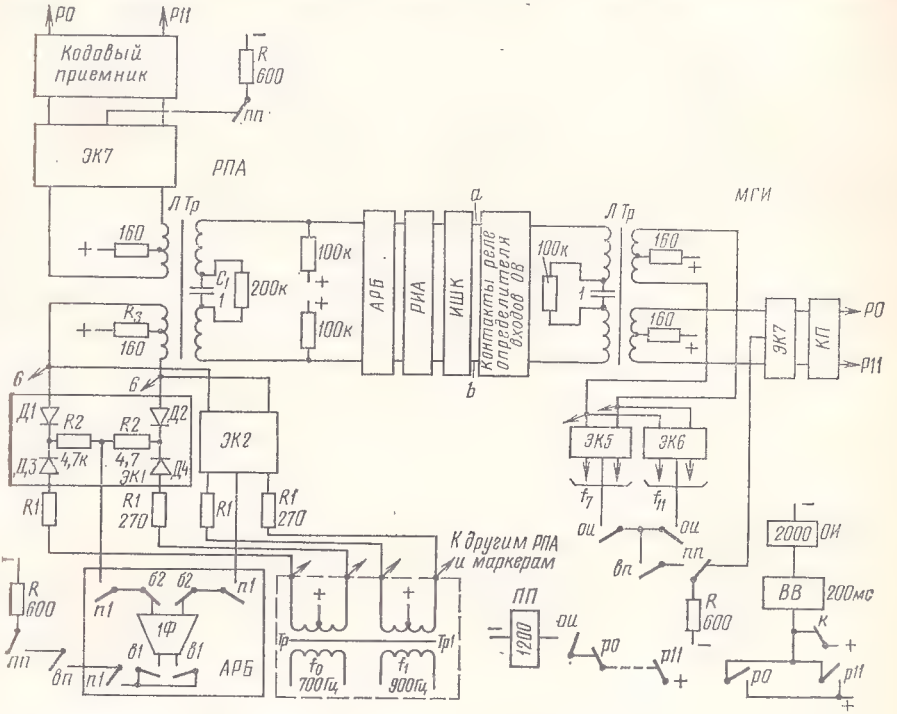


Рис. 7.13. Схема передачи частотных сигналов между регистром и маркером в системе АТСК-У

отпускания реле *ВП*. При поступлении в маркер двухчастотного сигнала срабатывают два соответствующих приемных реле *КП* и включаются цепи фиксирующих реле. На этом заканчивается передача цифры.

В системе АТСК-У предусматривается возможность повторного установления соединения, если маркер не получит сигнал, посланный регистром. С этой целью в маркере имеется электронная выдержка времени на 200 мс. Вход схемы выдержки времени *ВВ* открывается, когда из маркера посылается сигнал запроса, и срабатывает реле *К*, которое снимает плюс с базы транзистора в *ВВ*. При нормальной работе время от начала посылки сигнала запроса до поступления информационного сигнала должно быть менее 100 мс. В этом случае контактами сработавших приемных реле *КП* закрывается вход выдержки времени, приборы которой не ус-

пели сработать. Если же через 200 мс после запроса информация не поступит, то срабатывает реле отсутствия информации *ОИ*, включенное на выходе схемы выдержки времени. Контактами этого реле создается цепь для срабатывания реле *ПП* приемопередатчика и открываются *ЭК5* и *ЭК6*. В регистр посылается сигнал *15* (f_7, f_{11}) «Отсутствие частотной информации». По этому сигналу регистр нарушает частично установленное соединение и осуществляет повторную попытку соединения.

В системе АТСК-У применяется значительно усовершенствованный электронный кодовый приемник. Поскольку импульсные помехи могут создать ложные срабатывания *КП*, в схеме предусмотрена временна́я задержка действия приемника длительностью 15—17 мс, вследствие чего кратковременные помехи не влияют на работу *КП*. Потребляемая мощность приемника уменьшена в три раза. В результате улучшился тепловой режим и повысилась стабильность работы *КП* при увеличении температуры в автозале. Для защиты *КП* от помех большого уровня, возникающих при включении и выключении линии, на входе приемника предусмотрен амплитудный ограничитель. Установлен также входной фильтр для подавления помех с частотой 3800 Гц, которые могут поступать на вход *КП* при использовании на СЛ аппаратуры уплотнения.

Включение абонентских и соединительных линий в системах АТСК и АТСК-У

Схема включения абонентских линий на ступени *АИ* в системе АТСК-У приведена на рис. 7.14. Индивидуальные абонентские линии на станциях системы АТСК обслуживаются блоками *АВ* индивидуальных линий (стативы *АВ1*). Для каждой абонентской линии устанавливается абонентский комплект *АК*, состоящий из двух реле (*Л* и *Р*) типа РПН. Всего на стативе размещается 200 *АК*. В системе АТСК-У, для уменьшения числа стативов на станции и площади автозала, используются *АК*, выполненные на малогабаритных реле. При этом 20 плат *АК* по пять комплектов в каждой (100 *АК*) размещаются на объединенном стативе *АК—АВ* совместно со столинейным блоком *АВ*.

Линии спаренных телефонных аппаратов в системах АТСК и АТСК-У включаются в комплекты спаренных аппаратов *КСА* и обслуживаются отдельными блоками *АВ*. Спаренный ТА подключается к коллективной линии через диодную приставку *ДП*. Четырехрелейный *КСА* обеспечивает прием сигнала вызова от аппарата и изменяет при исходящей связи полярность на проводах линии для открытия диодов в вызывающем ТА и запирания диодов в другом аппарате. На стативе *КСА* устанавливаются 100 комплектов. Абонентские номера аппаратов, включенных в одну линию, отличаются цифрой сотен.

В поле звена *А* блоков *АВ* могут включаться также таксофоны двустороннего или одностороннего действия с небольшой удель-

ной нагрузкой ($y<0{,}33$ Эрл). С целью ограничения нагрузки в один блок *АВ* включают не более девяти таксофонов, для которых используют линии с номерами цифр десятков и единиц — 11, 22, ..., 77, 88 и 00. Каждая из этих линий (см. рис. 6.33) имеет доступ к различным шести $ПЛ_{АВ}$, и поэтому нагрузка в блоке рас-

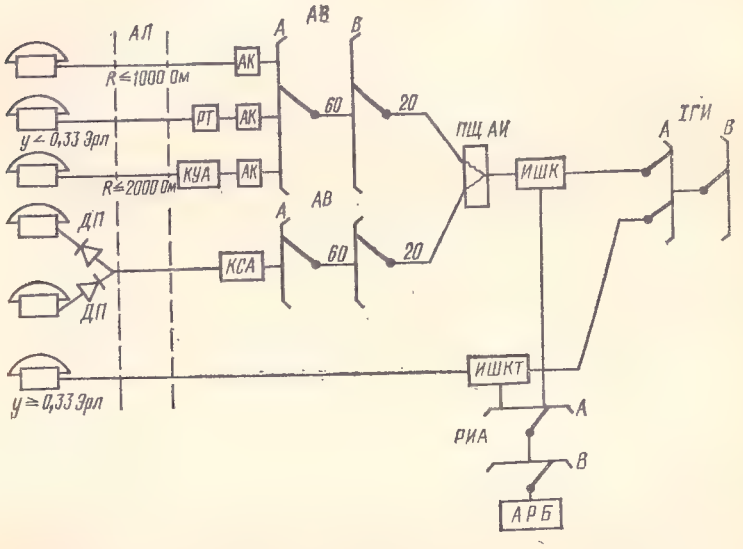


Рис. 7.14. Включение абонентских линий и таксофонов в системе АТСК-У

пределяется равномерно. Линии таксофонов подключаются к *АК* через реле таксофона *РТ*, которое срабатывает при ответе вызываемого абонента и изменяет полярности на проводах линии для кассирования монеты.

Удаленный ТА ($R_{АЛ}\leqslant 2000$ Ом) подключается на АТС к *АК* через комплект удаленных аппаратов *КУА*, обеспечивающий коррекцию импульсов набора номера.

Таксофоны одностороннего действия с большой удельной нагрузкой $y\geqslant 0{,}33$ Эрл включаются непосредственно на входы блоков ступени *ИГИ* через исходящие шнуровые комплекты таксофонов *ИШКТ*, которые обеспечивают переполюсовку линии таксофона при ответе вызываемого абонента для кассирования монеты. Поскольку *ИШКТ* включен в линию таксофона и занимается независимо от наличия свободных регистров, то обслуживание вызовов происходит по системе с ожиданием. Поэтому для *ИШКТ* в системе АТСК предусматриваются отдельные группы регистров по три—пять *АРБ* для 20 *ИШКТ*. В системе АТСК-У, где *АРБ* обслуживают все вызовы по системе с ожиданием, *ИШКТ* включаются совместно с *ИШК* в общие блоки ступени *РИА*.

Схемы включения СЛ для связи с УАТС приведены на рис. 7.15. Для исходящего сообщения абонент УАТС после получения сигнала «Ответ станции» набирает индекс направления на ГТС — цифру 9 и получает из РАТС повторный сигнал «Ответ станции». В зависимости от расстояния между УАТС и РАТС применяются трехпроводные или двухпроводные исходящие СЛ.

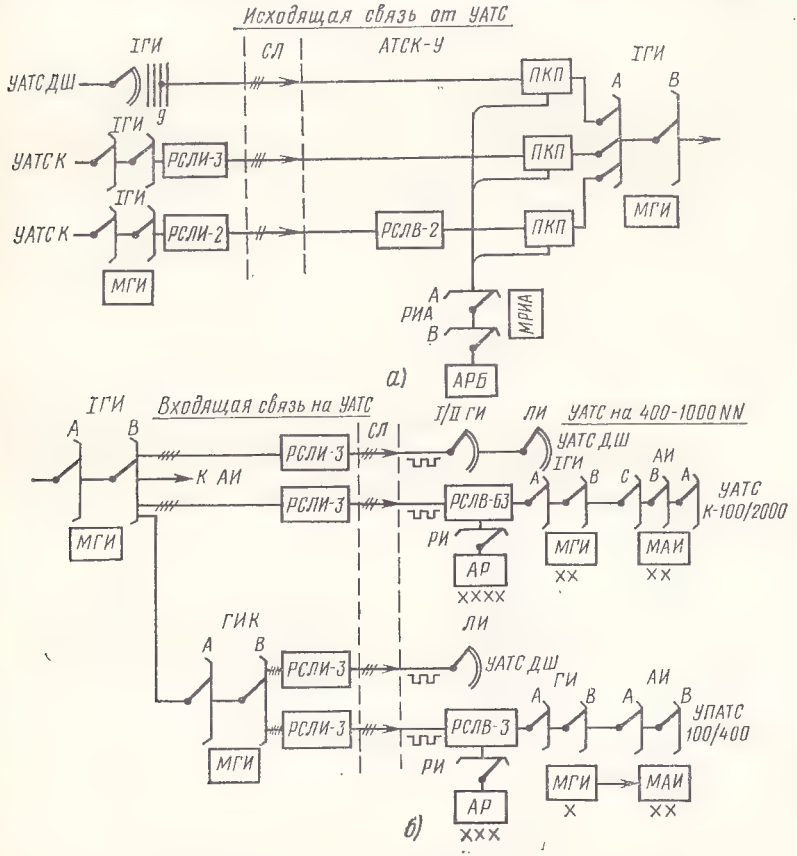


Рис. 7.15. Включение СЛ для связи с УАТС:
а) исходящие СЛ из УАТС; б) входящие СЛ к УАТС

Трехпроводные СЛ, исходящие от УАТС (рис. 7.15*а*), включаются на входы блоков *ІГИ* через подключающие комплекты подстанции *ПКП*, имеющие трехпроводной вход. Исходящие двухпроводные СЛ включаются через комплекты *РСЛВ-2* и *ПКП*. Нумерация абонентских линий УАТС, имеющих право внешней связи, входит в номерную емкость ГТС, и поэтому вызов абонента УАТС осуществляется набором номера обычной значности для данной ГТС. Входящие СЛ к УАТС емкостью 400—1000 номеров

включаются в поле ступени *ГИ*, выбирающей тысячелинейное направление рис. 7.15*б*. Для двух УАТС общей емкостью до 1000 номеров можно выделить одну цифру тысяч, а выбор направления к каждой УАТС осуществлять в маркере *ГИ* по двум цифрам — тысяч и сотен. Цифра сотен при этом повторно выдается регистром для определения столинейной группы на УАТС. Входящие соединительные линии для УАТС малой емкости на 100—300 номеров включаются в поле ступени группового искания *ГИК*. К такой УАТС может предусматриваться один общий пучок входящих СЛ с установкой на УАТС ступени *ГИ* или при небольших расстояниях обеспечиваться выбор направления на ступени *ГИК* к каждой столинейной группе. На рис. 7.15*б* показаны общий пучок для УПАТС 100/400 и пучок в направлении к УАТСДШ емкостью до 100 номеров. Для междугородной связи с УАТС устанавливается отдельная ступень *ГИКМ*, а при небольшом числе УАТС используют совмещенную ступень для местной и междугородной связи (*ГИК—ГИКМ*). Линии от предыдущей ступени *ГИМ* включаются в определенные входы блока *ГИК—ГИКМ*.

Передача адресной информации в приборы УАТС декадно-шаговой или координатной системы осуществляется батарейным способом из *АРБ*, *ВРДБ* или *ИРД*. При большом числе входящих на АТСК соединительных линий от районных АТСДШ и малом количестве входящих СЛ к УАТС может быть экономичным использование *ВРД* и 2—3-значных *ИРД*.

Схема включения СЛ с координатной подстанцией показана на рис. 7.16. Координатные подстанции типа ПСК-1000 представ-

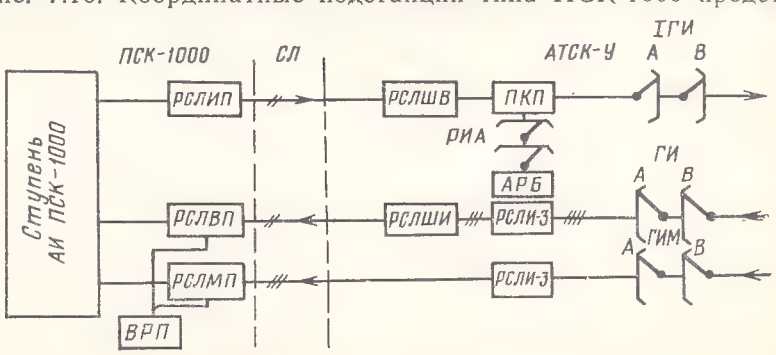


Рис. 7.16. Включение СЛ для связи с подстанцией ПСК-1000

ляют собой абонентские группы тысячной емкости. Нумерация абонентских линий этих подстанций входит в номерную емкость районной станции. Для связи координатных подстанций с опорной районной АТС применяются исходящие и входящие соединительные линии, число которых в 4—5 раз меньше количества абонентских линий. Исходящая связь от координатных подстанций ПСК-1000 к опорной АТСК или АТСК-У осуществляется по двухпроводным СЛ, которые включаются через комплекты *РСЛШВ* и

ПКП на входы блоков ступени *ИГИ*. Применяемые комплекты соединительных линий *РСЛШВ* обеспечивают передачу линейных сигналов по шлейфу СЛ.

Входящая связь к подстанции ПСК-1000 организуется так же, как и к УАТС большой емкости. На подстанциях используются входящие регистры *ВРП*, которые принимают информацию батарейным способом. Исходящие комплекты со шлейфной передачей линейных сигналов *РСЛШИ*, применяемые для включения ПСК-1000, имеют трехпроводной вход, а выходы на ступени *ГИ* АТСК четырехпроводные. Поэтому *РСЛШИ* включаются в поле ступени *ГИ* через комплекты *РСЛИ-3*. Местное входящее сообщение осуществляется по двухпроводным СЛ, а для междугородной связи используются трехпроводные входящие СЛ. Принципы построения координатных подстанций ПСК-1000 рассмотрены ниже в отдельном разделе.

Связь между районными АТСК и АТСК-У на ГТС осуществляется по соединительным линиям одностороннего действия — исходящим и входящим. В зависимости от расстояния между станциями используются двухпроводные или трехпроводные соединительные линии с соответствующими комплектами *РСЛ*. Включение межстанционных исходящих и входящих СЛ показано на рис. 7.17 для физических линий и линий, уплотненных аппаратурой КРР (КАМА).

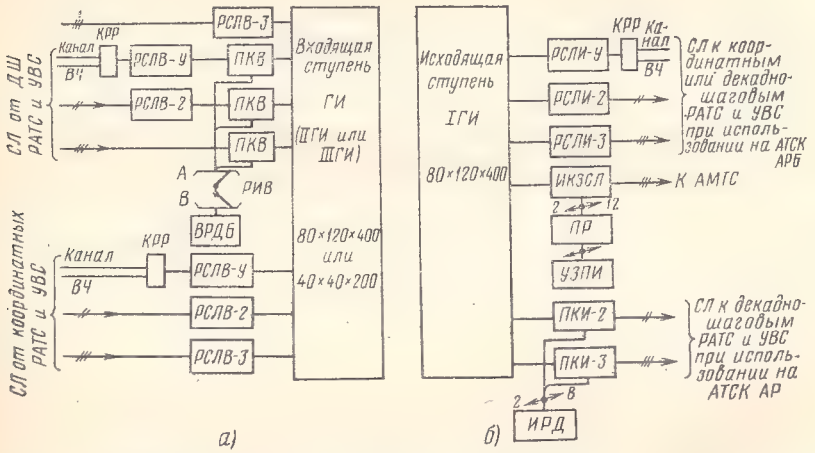


Рис. 7.17. Включение межстанционных СЛ на районных станциях системы АТСК-У:
а) входящих СЛ; *б)* исходящих СЛ

В декадно-шаговых АТС на ступенях группового искания входы и выходы трехпроводные, поэтому соединение таких ступеней *ГИ* двух АТС с трехпроводными СЛ возможно без комплектов *РСЛ*. В системах АТСК и АТСК-У входы и выходы ступеней *ГИ*

имеют не менее четырех проводов (три провода блока и один провод маркера на входе для занятия и на выходе для пробы), поэтому для перехода к трехпроводной СЛ устанавливаются трехпроводные комплекты *РСЛВ-3* на входящем (рис. 7.17*а*) и *РСЛИ-3* на исходящем (рис. 7.17*б*) концах соединительной линии. При использовании двухпроводных СЛ на районных АТС и узлах телефонного сообщения чаще всего применяются комплекты *РСЛ* конденсаторного типа — *РСЛИ-2*, *РСЛВ-2* на АТСК (АТСК-У) и $РСЛК_{исх}$, $РСЛК_{вх}$ на АТС-54. В случае организации связи по длинной двухпроводной линии могут применяться более сложные шлейфные комплекты — *РСЛШИ* и *РСЛШВ*, обеспечивающие корректирование импульсов для увеличения дальности действия и передачу линейных сигналов по шлейфной схеме. На уплотненных цепях для связи коммутационного оборудования с аппаратурой уплотнения используются комплекты *РСЛИУ* и *РСЛВУ*.

При связи от декадно-шаговой АТС входящие СЛ на координатной станции подключаются к комплектам *ПКВ*, которые выполняют функции входящих трехпроводных *РСЛ* и, кроме того, подключают регистры *ВРД* или *ВРДБ* к соединительным линиям. На исходящих СЛ от АТСК, где применяются регистры *ИРД*, вместо *РСЛ* используются подключающие комплекты *ПКИ-3* или *ПКИ-2*, которые выполняют также функции *РСЛ* соответствующей проводности.

При связи между районными АТС по принципу «каждая с каждой» на станциях АТСК или АТСК-У, как правило, применяются одна ступень группового искания для внутреннего сообщения (*1ГИ*) и две ступени *ГИ* для межстанционной связи (*1ГИ* и *2ГИ*). Для первой ступени группового искания используются трехпроводные коммутационные блоки 80×120×400, позволяющие образовать 20 направлений. В поле *1ГИ* включаются направления к другим районным АТС, УСС, ступени *ГИК* и к тысячелинейным абонентским группам своей станции. При необходимости предусматриваются также направление к АМТС по заказно-соединительным линиям и направление к сельскому пригородному узлу (СПУ) для связи с сельскими АТС.

Процессы установления соединений на АТСК-У

Рассмотрим функциональную схему районной АТС емкостью 4000 номеров системы АТСК-У при пятизначной нумерации с одной ступенью *ГИ* для внутреннего сообщения (рис. 7.18). На ступени *АИ* образованы четыре тысячелинейные абонентские группы

Входящее сообщение от других РАТС осуществляется через ступень *2ГИ*. В поле ступени *2ГИ* образованы направления к абонентским группам ступени *АИ*, к ступени *ГИК*, к ПСК-1000 и УАТС большой емкости. Выходы этих направлений являются общими для первой и второй ступеней *ГИ*. На ступени *2ГИ* приме-

няются трехпроводные блоки *ГИ* на 200 выходов (40×40×200) или трехпроводные блоки *ГИ* на 400 выходов (80×120×400).

Абонентские регистры *АРБ* обслуживают ТА, таксофоны, СЛ от УАТС и подстанций. В поле блоков *ІГИ* включаются направления к РАТС координатной и декадно-шаговой систем с использованием трехпроводных или двухпроводных СЛ. Кроме того, пре-

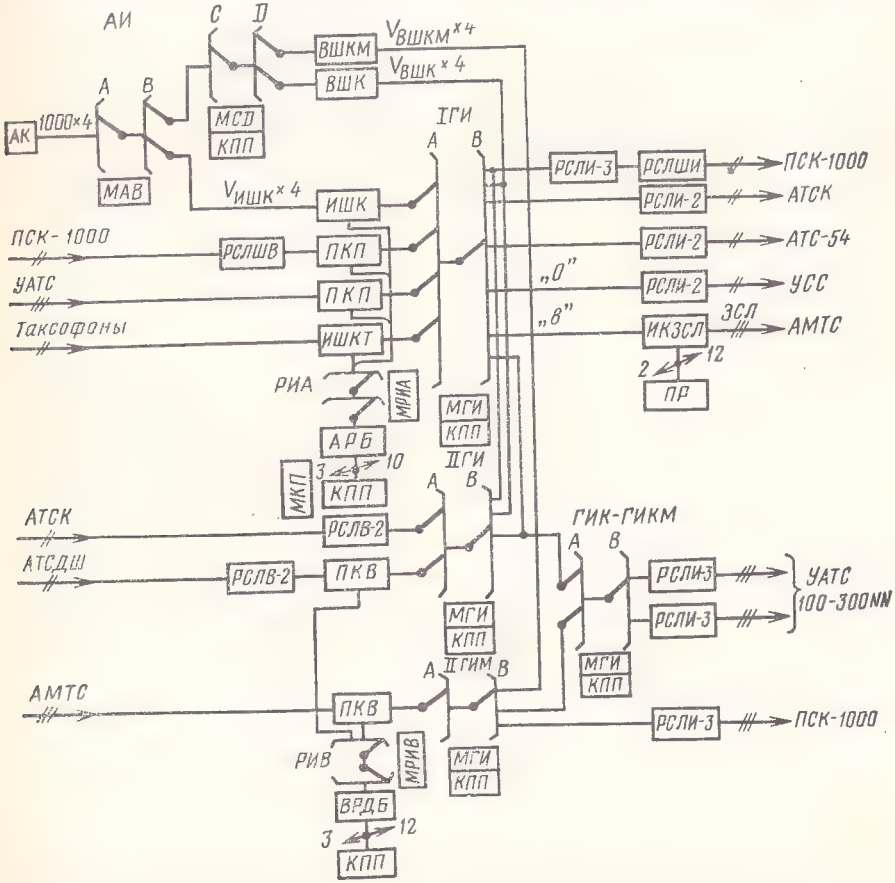


Рис. 7.18. Функциональная схема районной станции системы АТСК-У при использовании 5-значной нумерации и одной ступени *ГИ* для внутренней связи

дусматриваются направления к УСС (узел спецслужб) и АМТС. К входящим соединительным линиям от АТСДШ и АМТС подключаются регистры *ВРДБ* через *ПКВ* и ступень *РИВ*.

Кратко остановимся на действии приборов АТСК-У при установлении внутреннего соединения на районной станции. Направление к ступени *АИ* определяется первыми двумя цифрами номера (код АТС и цифра тысяч).

Если абонент вызывает станцию, то маркер блока *АВ* осуществляет установление соединения вызывающей абонентской линии со свободным *ИШК*. При занятии *ИШК* действует маркер блока *РИА*, который выбирает свободный регистр *АРБ*, откуда вызывающий абонент получает сигнал «Ответ станции» и приступает к набору пятизначного номера. Каждая цифра, посылаемая в виде серии декадных импульсов, принимается в *АРБ* счетным устройством и запоминается соответствующим фиксатором.

В процессе приема номера *АРБ* анализирует код станции, и, поскольку он соответствует координатной АТС, соединение начинается после фиксации всех цифр номера. При этом к регистру с помощью маркера кодовых приемников *МКП* подключается один из трех обслуживающих *КПП*. Затем *АРБ* отмечает вход блока *ІГИ*, по которому устанавливается соединение. Занимается маркер *МГИ*, который с помощью определителя входов фиксирует номер вызывающего входа и подключает к нему *КПП*. Из маркера посылается в *АРБ* сигнал «Передать первую цифру частотным способом». Регистр *АРБ* принимает этот сигнал и передает в ответ частотным способом первую цифру номера вызываемой линии (код АТС).

Эта адресная информация принимается кодовым приемником *МГИ* и декодируется пирамидой фиксирующих реле. Фиксатор направления, приняв код своей станции, определяет с помощью определителя значности кода необходимость получения из регистра второй цифры для выбора направления к тысячелинейной абонентской группе ступени *АИ*. Для этой цели маркер посылает в регистр управляющий сигнал «Передать следующую цифру частотным способом». После этого в *АРБ* переключатель выдачи информации подключает пирамиду второго фиксатора и в маркер блока *ІГИ* передается цифра тысяч зафиксированного номера. Эта цифра принимается *КПП* маркера *ГИ*, декодируется и используется для включения соответствующего реле направления. Последнее подключает для пробы 20 исходящих линий к требуемой абонентской группе ступени *АИ*. Пробное устройство маркера выбирает свободную линию *(ВШК)* в заданном направлении, которая доступна вызывающему входу блока *ГИ* через свободную ПЛ. После завершения обусловленного искания соединение устанавливается в обоих звеньях и маркер блока *ІГИ* освобождается.

При занятии *ВШК* создается цепь действия маркера блока *CD*. Определитель входов в маркер *CD* фиксирует номер вызывающего входа и подключает к нему *КПП*. Затем маркер блока *CD*, посылая в регистр сигналы «Передать следующую цифру частотным способом», получает последовательно информацию о последних трех цифрах номера. Установление входящего соединения на ступени *АИ* осуществляется маркером блока *CD* совместно с маркером блока *АВ*. Если абонентская линия свободна, то в ТА из *ВШК* посылаются сигналы «Посылка вызова» и «Контроль посылки вызова», а после ответа вызываемого абонен-

та устанавливается разговорный тракт. Питание микрофонов ТА обеспечивается из *ИШК* и *ВШК*.

При 6-значной нумерации и использовании на ГТС узлов входящего сообщения УВС соединение внутри районной станции осуществляется через две ступени *ГИ (IГИ* и *IIIГИ)* (рис. 7.19). На-

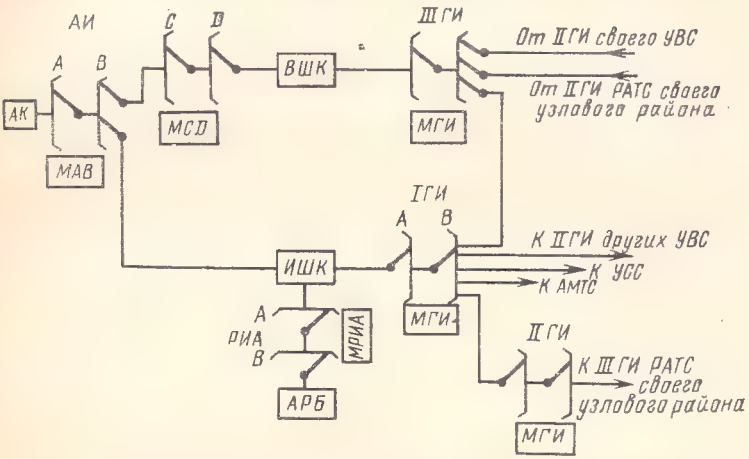


Рис. 7.19. Упрощенная функциональная схема РАТС при использовании на ГТС шестизначной нумерации и УВС

правления к абонентским группам ступеней *АИ, ГИК* и к ПСК-1000 включаются в блоки *IIIГИ*. Связь между абонентами РАТС различных узлов обеспечивается через три ступени *ГИ* (*IГИ* — выбор направления к УВС, *IIГИ* — выбор РАТС на узле и *IIIГИ* — выбор тысячной абонентской группы). Направления к районным АТС в пределах своего узла образованы в поле блоков *IIГИ*. В зависимости от числа УВС на ГТС и количества РАТС в узловом районе эти направления могут быть включены непосредственно в поле блоков *IГИ*.

7.4. ГОРОДСКИЕ КООРДИНАТНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

При построении городских телефонных сетей широко используются координатные подстанции с целью снижения стоимости линейных сооружений. На подстанции размещается оборудование ступени абонентского искания, которое как бы «выносится» из районной (опорной) АТС к местам установки телефонных аппаратов. Таким образом, сокращается средняя длина абонентских линий.

Связь подстанции с опорной АТС осуществляется по односторонним соединительным линиям (исходящим и входящим), число которых значительно меньше количества абонентских линий, поэтому уменьшаются затраты на линейные сооружения, но одно-

временно возрастает стоимость станционного оборудования. Эффективность использования подстанции повышается с увеличением расстояния между нею и опорной АТС. Поскольку подстанции применяются в основном для включения квартирных аппаратов, внутреннее сообщение на подстанции мало. Для упрощения коммутационного оборудования соединение между абонентскими линиями координатной подстанции осуществляется через опорную АТС с занятием исходящей и входящей соединительных линий. На городских телефонных сетях широко применяются координатные подстанции на 1000 номеров типа ПСК-1000.

Координатная подстанция ПСК-1000 выпускается с 1966 г. [13]. Она может включаться в районные АТС декадно-шаговой или координатной системы. Функциональная схема ПСК-1000 при использовании опорной РАТС координатной системы и 5-значной нумерации на ГТС приведена на рис. 7.20*а*. Для абонентских линий

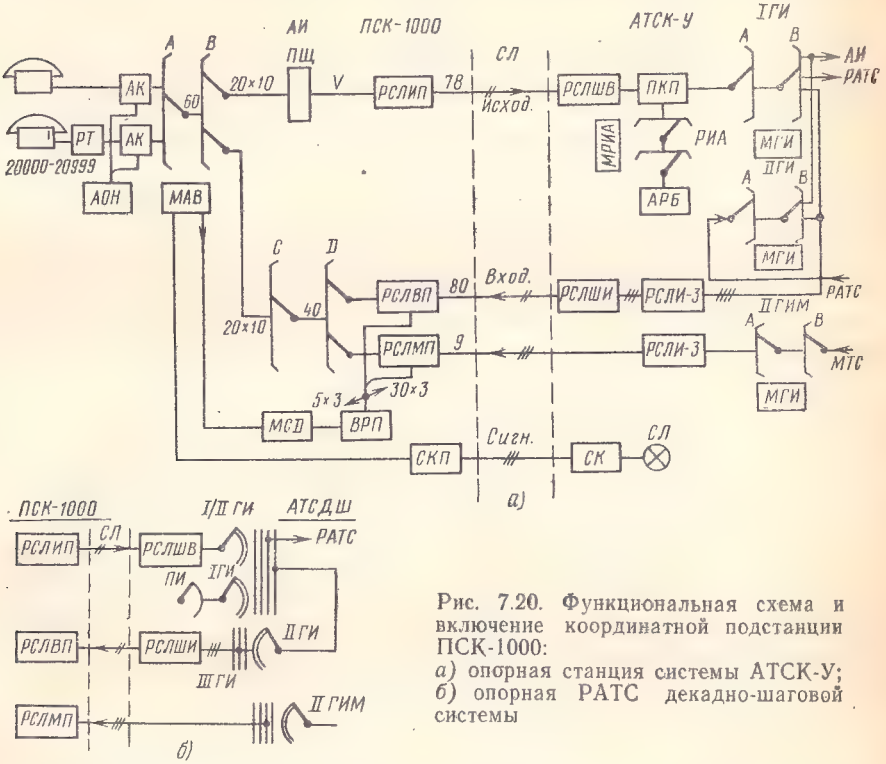


Рис. 7.20. Функциональная схема и включение координатной подстанции ПСК-1000:
а) опорная станция системы АТСК-У;
б) опорная РАТС декадно-шаговой системы

подстанции выделим, например, нулевую тысячную группу, тогда нумерация абонентских линий подстанции 20000—20999, где цифра 2 код РАТС.

На подстанции предусмотрена только ступень абонентского искания, состоящая из десяти блоков *АВ* и двух-трех входящих

блоков *CD*. Каждый из этих коммутационных блоков обслуживается индивидуальным релейным маркером. Исходящее сообщение устанавливается на подстанции через блок *AB*, а при входящей связи участвуют блоки *CD* и *AB*. Коммутационные параметры блоков *AB* и *CD* такие же, как в системе АТСК. Исходящие линии кроссируются на промщите *ПЩ*, где создается общий неполнодоступный пучок двухпроводных СЛ. На подстанции устанавливаются исходящие комплекты *РСЛИП*, а на опорной АТС исходящие СЛ через *РСЛШВ* соединены с подключающими комплектами подстанции *ПКП* и далее со входами блока *ИГИ*. Входящие на подстанцию двухпроводные СЛ включаются на опорной АТС в комплекты *РСЛШИ*, а на подстанции — в *РСЛВП*. Выбор направления к подстанции определяется на ступени *ИГИ* кодом 20 (для выбранной нумерации), а на ступени *ПГИ* — цифрой тысяч — 0.

На ПСК-1000 при входящем сообщении используются релейные трехзначные входящие регистры *ВРП*, которые принимают из регистров АТСК (*АРБ, ВРДБ* или *ИРД*) декадными импульсами (батарейным способом) информацию о последних трех цифрах номера вызываемой абонентской линии. Использование декадных импульсов для передачи сигналов позволяет включать подстанцию также в опорную АТСДШ. Цифра сотен определяет на подстанции требуемый блок *AB*, в который включена вызываемая линия, а остальные две цифры передаются из регистра многопроводным способом в маркер блока *AB* для выбора вызываемой абонентской линии. На подстанции устанавливаются 15 регистров, которые без ступени *РИ* подключаются к входящим *РСЛВП (РСЛМП)*. При этом 30 комплектов, соединенные с входами одного блока *CD*, обслуживаются пятью регистрами. Группа из шести *РСЛВП* имеет доступ к двум регистрам. Отсутствие ступени *РИ* объясняется необходимостью подключения регистра к СЛ в течение межсерийного интервала времени.

Абоненты подстанции ПСК-1000 могут пользоваться исходящей автоматической междугородной связью с определением номера и категории вызывающей линии. Для этой цели устанавливается аппаратура АОН. Входящее междугородное сообщение обеспечивается по трехпроводным СЛ через комплекты *РСЛМП*. При выключении электропитания или при повреждении общего оборудования подстанции 30 определенных абонентских линий ПСК-1000 подключаются контактами реле по соединительным линиям к *РСЛШВ* на опорной АТС для осуществления исходящей связи.

Приборы ПСК-1000 получают электропитание непосредственно от выпрямительного устройства, установленного на подстанции, которое обеспечивает напряжение 60 В с допустимыми отклонениями в пределах 54—72 В.

На ПСК-1000 предусматриваются 78 исходящих СЛ, 80 входящих СЛ, девять входящих междугородных СЛ и одна входящая СЛ для дистанционных проверок абонентских линий из опорной

АТС. Сигналы о повреждениях приборов подстанции передаются на районную станцию по трехпроводной сигнальной линии, которая подключается к сигнальным комплектам *СКП* на подстанции и *СК* на РАТС.

Приборы подстанции ПСК-1000 размещаются на однотипных двусторонних стативах размерами 2070×7000×450 мм. При монтаже подстанции стативы, щиты переключений и промщиты соединяются между собою кабельными перемычками со штепсельными разъемами. Подобный способ монтажа значительно сокращает сроки и стоимость строительства. На подстанции емкостью 1000 номеров устанавливаются 20 стативов, в том числе 10 стативов блоков *АВ*, три статива *CD* и входящих *РСЛ*, один статив исходящих *РСЛ*, один статив регистров, один статив *СВУ*, один промщит и три статива щита переключений (кросс). Кроме того, монтируются четыре статива электропитающих устройств. Для установки всего оборудования ПСК-1000 необходим автоматный зал площадью 45 м².

Рассмотрим по функциональной схеме (рис. 7.20*а*) процессы установления соединений на ПСК-1000.

Исходящее соединение. При поступлении вызова от абонента подстанции в абонентском комплекте срабатывает линейное реле и занимается маркер соответствующего блока *АВ*. Затем абонентский определитель маркера блока *АВ* фиксирует номер вызывающей линии, а пробное устройство производит обусловленное искание, выбирая свободную исходящую линию, которая доступна абонентской линии через свободную ПЛ. После этого осуществляется соединение в блоке *АВ* и вызывающая абонентская линия через *РСЛИП*, исходящую СЛ и *РСЛШВ* подключается к *ПКП* на опорной АТС. Затем к этому комплекту с помощью ступени *РИА* подключается *АРБ*, и абонент, получив сигнал «Ответ станции», набирает номер. Посылаемые декадные импульсы транслируются комплектом *РСЛИП* на опорную АТС в *РСЛШВ*, где они корректируются и направляются в *АРБ*.

Входящее сообщение. При поступлении местного входящего вызова на вход блока *CD* подстанции занимается *РСЛВП*, к которому подключается один из двух доступных ему регистров *ВРП*. После фиксации последних трех цифр вызываемого номера регистр занимает маркер, который обслуживает данный блок *CD*. Затем этот маркер подает в регистр сигнал запроса для выдачи накопленной адресной информации. По цифре сотен определяется блок *АВ* и в маркер этого блока передается многопроводным способом информация о цифрах десятков и единиц номера вызываемой линии, которая принимается реле фиксатора номера. Получив эту информацию, маркеры блоков *АВ* и *CD* совместно производят обусловленное искание промежуточных линий и включают электромагниты в звеньях *А, В* и *С*. После этого маркер блока *CD* производит пробу линии вызываемого абонента. Если она свободна, то устанавливается соединение и в звене *D* и комплект *РСЛВП* подключается к *АК* вызываемого абонента, а маркеры

и регистр освобождаются. Посылка вызова и контрольного сигнала осуществляется из комплекта *РСЛВП*. Из схемы этого же комплекта создаются цепи для удерживающих электромагнитов МКС во всех звеньях. Входящее междугородное сообщение осуществляется через комплект *РСЛМП*.

На рис. 7.20*б* показано включение ПСК-1000 в РАТС декадно-шаговой системы. Исходящие СЛ включаются на входы *I/IIГИ*, которые имеют общее поле с *IГИ*, а по схеме являются *IIГИ*. Входящие на подстанцию СЛ включены в одно из направлений поля *IIГИ*.

7.5. СЕЛЬСКИЕ КООРДИНАТНЫЕ АТС

Особенности сельских координатных АТС

На СТС применяются координатные АТС малой емкости: К-50/200 и К-50/200М (модернизированные) для оконечных и узловых станций, а также координатные АТС К-100/2000 средней емкости для центральных ЦС, узловых УС и оконечных ОС станций. С целью уменьшения средней длины абонентской линии и сокращения, таким образом, затрат на линейные сооружения используются линейный концентратор (групповая установка) ГУ 10/3 на десять абонентских и три соединительных линии с релейными коммутационными блоками.

Сельские АТС малой емкости не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала, а АТС средней емкости обслуживаются лишь в дневное время. Для необслуживаемых АТС предусматриваются дистанционная сигнализация о повреждениях и дистанционная проверка приборов. Спаренные ТА на сельских сетях включаются с обеспечением избирательного вызова, секретности разговора и взаимной связи. Абонентские линии и все соединительные устройства освобождаются после одностороннего отбоя при соединениях в пределах СТС. Для уменьшения нагрузки на СЛ предусматривается ограничение числа абонентов, имеющих право на внешнюю связь. На сельских АТС при номинальном напряжении источников электропитания $U=60$ В допускаются колебания напряжения в пределах 54—72 В.

Координатные АТС К-50/200М

Автоматические телефонные станции типа К-50/200М имеют блочное построение с емкостью абонентского блока 50 номеров. Каждый из блоков размещается на двустороннем стативе шкафного типа, куда включаются 30 индивидуальных линий в абонентские комплекты *АК* и 10 коллективных линий в спаренные абонентские комплекты *САК*. При спаренном включении ТА предусматривается диодное разделение цепей с установкой у каждого аппарата диодно-релейной приставки *ДРП*. Номера спаренных ТА отличаются цифрой десятков. Устройства спаренного включе-

ния на сельских АТС более сложные, чем на городских, вследствие обеспечения возможности взаимной связи между ТА, включенными в одну линию. Поэтому в диодной приставке применяется реле и усложнена схема *САК* по сравнению с комплектом спаренных аппаратов *КСА* на АТСК.

Оконечная АТС К-50/200М включается в узловую или центральную станцию с использованием в зависимости от емкости от 7 до 17 СЛ двустороннего действия. Кроме того, возможна организация поперечной связи по одной-двум СЛ с другой оконечной станцией.

В системе АТС К-50/200М используются регистровое управление и обходное установление соединения с применением общестанционных маркеров ступеней *АИ (МАИ)* и *РИ (МРИ)* и пятизначных абонентских регистров, разработанных с учетом введения в дальнейшем на СТС закрытой 5-значной системы нумерации. В настоящее время чаще всего используется открытая нумерация без индекса внешней связи, когда абонент АТС К-50/200М при внутреннем соединении набирает 3-значный номер, а при межстанционной связи — 5-значный номер. Первая цифра 5-значного номера должна отличаться от первых цифр трехзначных номеров. Абонентский регистр после приема информации подключается к маркеру, посылает сигнал о требуемом направлении (внутренняя, внешняя или поперечная связь) и передает адресную информацию многопроводным способом.

Функциональная схема оконечной АТС К-50/200М на 50 номеров приведена на рис. 7.21. В этой АТС используются одно-

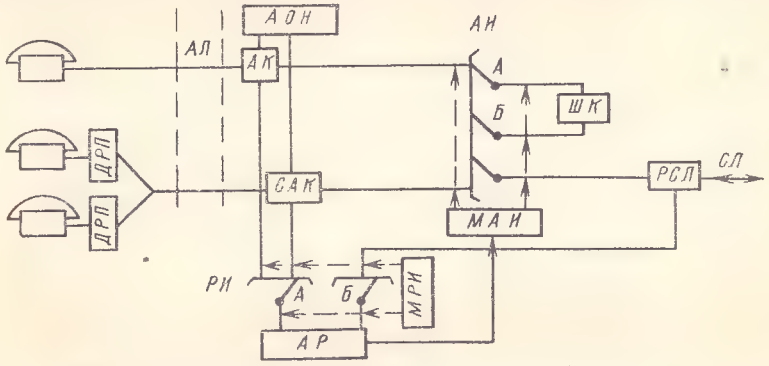


Рис. 7.21. Функциональная схема сельской оконечной АТС системы К-50/200М

звенные ступени абонентского и регистрового искания. Причем ступень *АИ* выполняет также функцию группового искания, выбирая по сигналу из регистра внешнее направление и в нем свободную СЛ. Абонентские регистры *АР* подключаются через шестипроводную ступень *РИ* непосредственно к абонентским комп-

лектам, что позволяет применить трехпроводной коммутационный блок на ступени *АИ*. Если подключать абонентские регистры к *ШК*, то в коммутационном блоке *АИ* потребовался бы еще четвертый провод *d* для передачи сигнала из *АК* в *АР* о праве абонента на внешнюю связь. В этом случае на ступени *АИ* пришлось бы применить шестипроводные МКС 10×20×6 и общее число МКС возросло бы вдвое. Число приборов и МКС для оконечных станций разной емкости указано в табл. 7.3.

Таблица 7.3

КОЛИЧЕСТВО КОМПЛЕКТОВ И МКС НА ОКОНЕЧНОЙ АТС К-50/200М

Емкость АТС, номеров	Число комплектов и МКС						
	АК	*САК*	*РСЛ*	*ШК*	*АР*	МКС *РИ* 20×10×6	МКС *АИ* 20×20×3
50	30	10	7	5	3	1	2
100	60	20	10	8	5	2	5
150	90	30	14	10	6	3	9
200	120	40	17	12	6	4	14

В качестве основных коммутационных приборов используются МКС 20×20×3 (*АИ*), 20×10×6 (*РИ*) и реле РПН. Рассмотрим порядок установления различных соединений, для которых соединительные тракты изображены на рис. 7.22. Структурная схема маркера ступени *АИ* приведена на рис. 7.23.

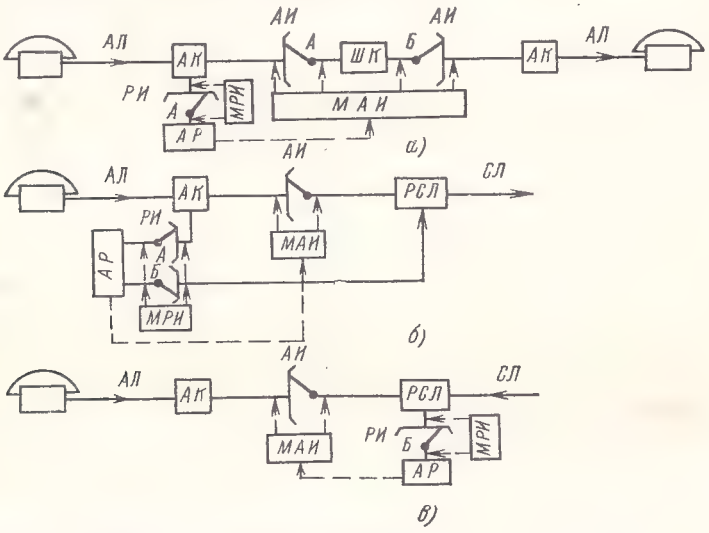


Рис. 7.22. Схемы соединительных трактов на сельской оконечной АТС К-50/200М:
***а)* внутреннее соединение; *б)* исходящее соединение; *в)* входящее соединение**

Внутристанционное соединение (рис. 7.22*а*) При поступлении вызова от абонента к *АК* или *САК* подключается маркер блока *РИ* (*МРИ*), который определяет номер вызывающей линии, выбирает свободный абонентский регистр *АР* и соединяет его через блок *РИ* с абонентской линией. Получив из *АР* сигнал «Ответ станции», абонент набирает 3-значный номер. После фиксации всех цифр номера регистр подключается к маркеру блока *АИ* и передает ему сигнал о том, что устанавливается внут-

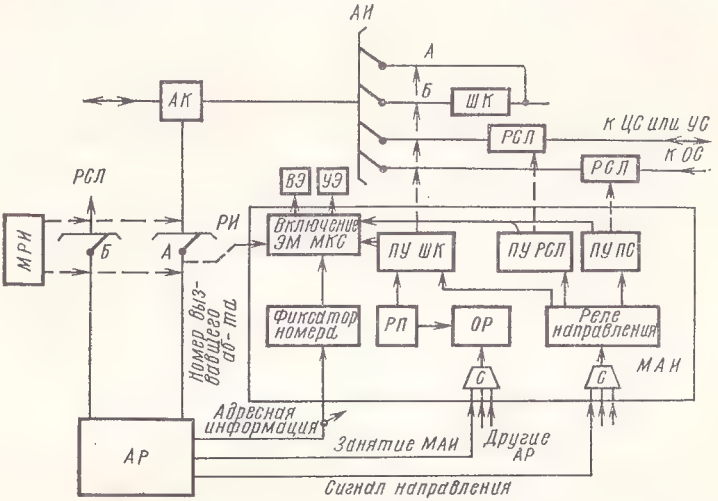


Рис. 7.23. Структурная схма маркера ступени *АИ* АТС К-50/200М

ристанционное соединение. Маркер с помощью определителя регистра *ОР* фиксирует номер *АР*, накопившего информацию, и посылает сигнал запроса в регистр о выдаче адресной информации многопроводным способом в фиксатор номера *ФН*. Затем пробное устройство шнуровых комплектов *ПУ ШК* выбирает свободный *ШК* и подключает его выход (*Б*) к вызываемой абонентской линии. Информацию о номере вызывающей абонентской линии *МАИ* получает по состоянию вертикали блока *РИ*, которая подключила *АР* к этой линии. Пробу вызываемой абонентской линии осуществляет *ШК*, и если она свободна, то вход *ШК* (*А*) подключается к вызывающей абонентской линии, а регистр и маркер после включения электромагнитов МКС блока *АИ* освобождаются.

Посылка вызова, контрольного тонального сигнала и питание микрофонов ТА обоих абонентов производятся из *ШК*. Соединительные устройства с целью уменьшения времени занятия освобождаются при одностороннем отбое, а абонент, задержавший отбой, получает сигнал «Занято» из своего абонентского комплекта.

Исходящее соединение (рис. 7.22*б*). После набора абонентом одной, двух или трех цифр, определяющих направление к вышестоящей станции (УС, ЦС) или направление поперечной связи к другой ОС, абонентский регистр занимает маркер блока *АИ* и передает ему сигнал о требуемом соединении. Получив сигнал о выборе направления к УС (или ЦС), *МАИ* с помощью пробного устройства *ПУ РСЛ* находит свободный *РСЛ* и подключает его к вызывающей абонентской линии через блок *АИ*. Однако в схеме *РСЛ* разговорные провода коммутируются лишь после окончания работы *АР*. Одновременно *МАИ* создает цепь занятия маркера блока *РИ* для подключения регистра к выбранному *РСЛ*. После этого маркеры блоков *АИ* и *РИ* освобождаются. Абонентский регистр остается подключенным через вертикаль *А* блока *РИ* к абонентской линии для продолжения приема цифр 5-значного номера, а через вертикаль *Б* блока *РИ* регистр подключен к *РСЛ* для выдачи декадными импульсами всех принятых цифр в комплект *РСЛ*. Способ дальнейшей передачи этой информации на встречную АТС зависит от типа *РСЛ*. После выдачи в *РСЛ* адресной информации абонентский регистр освобождается. Питание микрофона ТА вызывающего абонента и удержание соединения производятся из *РСЛ*.

При выборе направления поперечной связи соединение устанавливается аналогичным способом, за исключением того, что выбор одного из двух *РСЛ* этого направления производится в *МАИ* отдельным пробным устройством *ПУ ПС*.

Входящее соединение (рис. 7.22*в*). При занятии *РСЛ* входящим вызовом маркер блока *РИ* подключает этот *РСЛ* к свободному абонентскому регистру через одну из вертикалей *Б* блока *РИ*. Регистр, не посылая сигнал «Ответ станции», последовательно принимает три цифры абонентского номера. После этого *АР* занимает *МАИ* и передает ему адресную информацию многопроводным способом. Затем маркер подключает *РСЛ* к вызываемой абонентской линии. Закончив процесс соединения, *МАИ* и *АР* освобождаются. Пробу вызываемой абонентской линии, посылку вызова и контрольного сигнала, питание микрофона в ТА и удержание соединения выполняет *РСЛ*.

На оконечных станциях системы К-50/200М применяется несколько типов *РСЛ*. Широко используются двусторонние индуктивные комплекты *РСЛО* для физических или уплотненных аппаратурой ВЧ соединительных линий при связи с сельскими АТС любого типа и с городскими АТС. Могут применяться двусторонние комплекты *РСЛОВЧ*, предназначенные для связи с координатными станциями по СЛ с частотным уплотнением. Для связи по СЛ, уплотненным аппаратурой *ИКМ*, применяются подключающие комплекты *ПКО*.

Сельские узловые АТС системы К-50/200М имеют такую же емкость, как и оконечные станции. Отличаются они установкой оборудования транзитного узла для осуществления исходящих, входящих и транзитных соединений.

Координатные АТС К-100/2000

Автоматические телефонные станции типа К-100/2000 используются в качестве центральных, узловых и оконечных станций на СТС. На станциях этой системы применяются ступени абонентского, группового и регистрового искания, которые были рассмотрены в гл. 6.

Основными коммутационными приборами АТС К-100/2000 являются: унифицированные МКС 20×10×6, 10×20×6 и 10×10×12; электромагнитные реле РЭС-14 и РПН; полупроводниковые диоды и транзисторы. Функциональная схема ЦС системы К-100/2000 с двумя ступенями *ГИ* изображена на рис. 7.24.

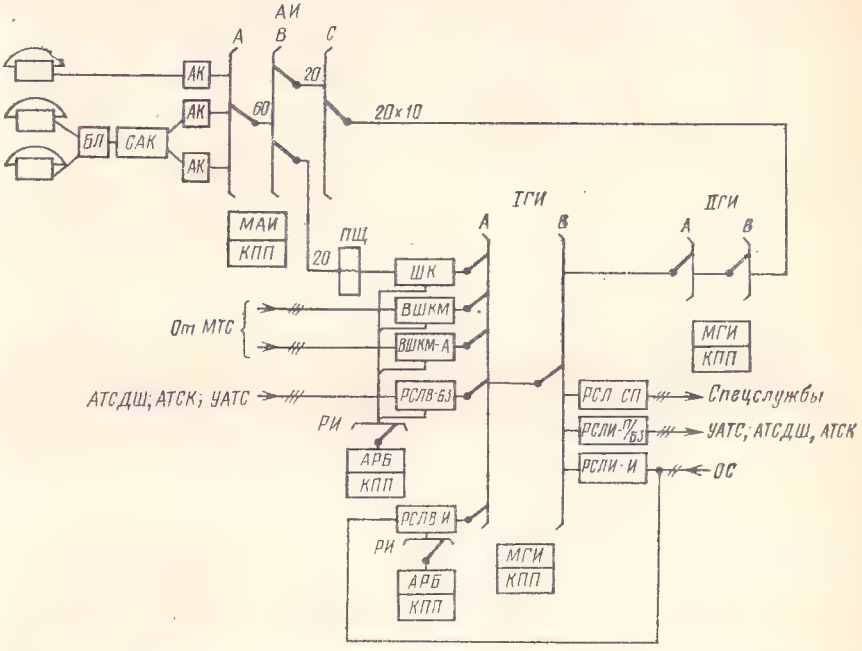


Рис. 7.24 Функциональная схема сельской центральной АТС К-100/2000 с двумя ступенями *ГИ*

На АТС К-100/2000 применяется обходной способ установления соединения с управлением по ступеням искания при помощи релейных маркеров. Абонентские пятизначные регистры *АРБ* используются для установления внутренних, исходящих и входящих соединений. В последнем случае они выполняют функции входящих регистров. Передача информации о номере вызываемой абонентской линии из регистра в маркеры и посылка управляющих сигналов в обратном направлении осуществляются по разговорным проводам постоянным током полярно-числовым кодом с исполь-

зованием способа импульсного челнока. За каждым маркером и регистром закрепляются индивидуальные релейные кодовые приемопередатчики *КПП*. Выдача информации из регистра в другие неоднотипные станции производится батарейным способом. Шнуровой комплект позволяет транслировать декадные импульсы на встречную станцию любой системы.

В системе К-100/2000 на ступени абонентского искания предусмотрены столинейные коммутационные блоки с двумя звеньями для исходящей связи и тремя звеньями для входящего сообщения. Во всех звеньях применяются МКС 20×10×6. Блок *АИ* имеет 20 исходящих линий к шнуровым комплектам и 20 входящих линий из поля блоков ступени *ГИ* (см. рис. 6.9).

На ступени *АИ* для входящего сообщения образуются столинейные абонентские группы и поэтому емкость станции кратна 100 номерам. Для исходящего сообщения на ступени *АИ* может быть образована любая по величине абонентская группа. При этом создается крупный неполнодоступный пучок *ШК* и каждый блок *АИ* представляет собою нагрузочную группу с $D=20$.

На ступени *ГИ* используются двухзвенные, односвязные блоки типа ВПВП 30×40×200. Поле блока *ГИ* может делиться на 10—20 направлений с доступностью каждого направления — 20 или 10.

Для подключения шнуровых комплектов и входящих *РСЛ* к абонентским регистрам применяются однозвенные двенадцатипроводные блоки *РИ*, каждый из которых построен на одном МКС 10×10×12. На входы блока РИ включаются 20 *ШК* или *РСЛВ*, а выходы подключены к пяти абонентским регистрам.

При использовании на АТС К-100/2000 одной ступени *ГИ* с числом направлений $H=20$ и $D=10$ можно теоретически обеспечить емкость станции 2000 номеров. Но, поскольку обычно некоторое число направлений в поле *ГИ* задействуется для внешних связей и желательно для повышения использования линий применять $D=20$, при емкости более 500 номеров приходится применять две ступени *ГИ*.

В поле звена *А* блоков ступени *АИ* могут включаться индивидуальные абонентские линии, таксофоны и спаренные телефонные аппараты с обеспечением взаимной связи. Для спаренного включения ТА у абонентов устанавливаются блокираторы, обеспечивающие отключение одного из ТА при занятии линии другим ТА.

Связь с другими сельскими АТС в АТС К-100/2000 может быть организована по физическим двухпроводным цепям с применением индуктивного способа передачи сигналов и односторонних комплектов *РСЛИ-И* и *РСЛВ-И*. Указанные индуктивные комплекты *РСЛ* могут применяться и при связи по уплотненным цепям. Но в этом случае для согласования с аппаратурой уплотнения дополнительно устанавливаются комплекты низкочастотного окончания *КНО*. Если используются двусторонние физические СЛ, то односторонние комплекты *РСЛИ-И* и *РСЛВ-И* можно включить в одну линию с обеспечением преимущества для входящего сообщения. Разработаны и выпускаются двусторонние индуктив-

ные комплекты *РСЛИ*. Входящие индуктивные комплекты обслуживаются по системе с ожиданием отдельной группой регистров, поскольку эти комплекты занимаются без проверки свободности *АРБ*.

Исходящая связь от АТС К-100/2000 к АТСДШ и координатным АТС большой емкости осуществляется по трехпроводным СЛ одностороннего действия с комплектами *РСЛИ-Б3* (батарейный способ передачи сигналов, линии трехпроводные). Для входящего сообщения по трехпроводным СЛ применятся *РСЛВ-Б3*. Соединительные линии от МТС включаются в комплекты *ВШКМ* или *ВШКМА* (при автоматической междугородной связи).

Для организации исходящей автоматической междугородной связи в АТС К-100/2000 предусматривается дополнительное оборудование, состоящее из аппаратуры автоматического определения номера и категории абонента АОН, промежуточных регистров *ПР*, устройства запроса и приема информации *УЗПИ* и исходящих комплектов заказно-соединительных линий *(ИКЗСЛ)*.

За последнее время выполнена большая работа по модернизации оборудования АТС К-100/2000 с учетом современных требований, предъявляемых к сельским телефонным сетям, создания специальной проверочно-тренировочной аппаратуры и повышения надежности действия АТС.

7.6. УЧРЕЖДЕНЧЕСКО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ КООРДИНАТНЫЕ АТС

Общие сведения

Учрежденческо-производственные АТС (УПАТС) используются для организации внутренней и внешней связи в учреждениях и на предприятиях. Некоторые системы УПАТС предусматривают выполнение специфичных требований, характерных для учрежденческо-производственной связи: возможность передачи входящего вызова на другой аппарат, наведение справки при входящей связи по СЛ, подключение некоторых абонентов к занятым абонентским линиям и пр.

Значность нумерации абонентских линий УПАТС зависит от емкости применяемой станции. Связь с ГАТС осуществляется по односторонним трехпроводным или двухпроводным соединительным линиям. Для исходящего сообщения к РАТС абонент набирает индекс направления «9», а затем после получения сигнала «Ответ станции» производит набор полного номера вызываемой линии. Для уменьшения нагрузки соединительных линий имеется возможность ограничения числа абонентов, пользующихся внешней связью. При этом для исходящей связи предусматривается индивидуальное ограничение, а для входящей связи — групповое ограничение (по сотенным группам). Линии абонентов УПАТС, имеющих право на внешние сообщения, входят в номерную емкость опорной ГАТС. Передача управляющих сигналов по СЛ для

универсальности организации связи с АТС различных систем производится батарейным способом.

Много лет наша промышленность выпускала учрежденческие декадно-шаговые АТС системы УАТС-49, которые еще используются на предприятиях и в учреждениях. В настоящее время производятся координатные системы АТС различной емкости. Некоторые из них (АТС К-50/200, АТС К-100/2000) являются модификацией сельских систем АТС, но они не предусматривают выполнения требований, специфичных для учрежденческой связи.

На учрежденческих АТС К-100/2000 используются четырехзначные абонентские регистры *АР* или *АРБ*. Регистры *АРБ* применяются на крупных заводских УАТС, где необходимо передавать информацию батарейным способом при связи с другими ведомственными АТС. Все телефонные аппараты имеют индивидуальные линии. Для внешней связи с ГАТС устанавливаются *РСЛ* с передачей управляющих сигналов батарейным способом. При исходящем сообщении абонентский регистр УАТС участвует лишь в выборе направления к ГАТС. Дальнейшие серии импульсов транслируются через шнуровой комплект в абонентский регистр районной координатной АТС или в искатели на ступенях искания АТСДШ.

Техническая характеристика системы УПАТС 100/400

Современная координатная УПАТС 100/400 была разработана научно-производственным объединением «Красная Заря» и выпускается промышленностью с 1972 г. Эта АТС может иметь емкость 100, 200, 300 или 400 номеров при трехзначной нумерации абонентских линий (200—599). В УПАТС 100/400 используются ступени абонентского, группового и регистрового искания. Упрощенная функциональная схема УПАТС 100/400 приведена на рис. 7.25. В эту станцию могут включаться индивидуальные абонентские линии, линии удаленных ТА, линии со спаренными ТА и абонентские уплотненные линии.

На УПАТС 100/400 применяются релейные маркеры и абонентские регистры. Каждый из коммутационных блоков на ступенях искания обслуживается одним маркером, а блок *РИ* снабжен также резервным маркером. Трехзначные абонентские регистры *АР* используются при установлении всех соединений. Выдача информации из абонентского регистра в маркеры ступеней группового и абонентского искания производится многопроводным способом по 10 проводам для каждой цифры. В регистрах, абонентских, шнуровых и линейных комплектах используются электромагнитные реле типа РПН. В маркерах применяются реле РЭС-14. В маркерах и регистрах употребляются также транзисторы и полупроводниковые диоды.

Исходящее и входящее сообщения организованы по односторонним соединительным линиям. Исходящие СЛ включаются в поле блоков *ГИ*, а входящие СЛ — на входы блоков *ГИ*.

В зависимости от расстояния между станциями могут быть использованы трехпроводные или двухпроводные соединительные линии, а также каналы уплотненных линий. Имеется возможность индивидуального ограничения права на исходящую внешнюю связь и групповое ограничение для входящей внешней связи. При автоматической междугородной исходящей связи используется аппаратура АОН для определения категории и номера вызывающей

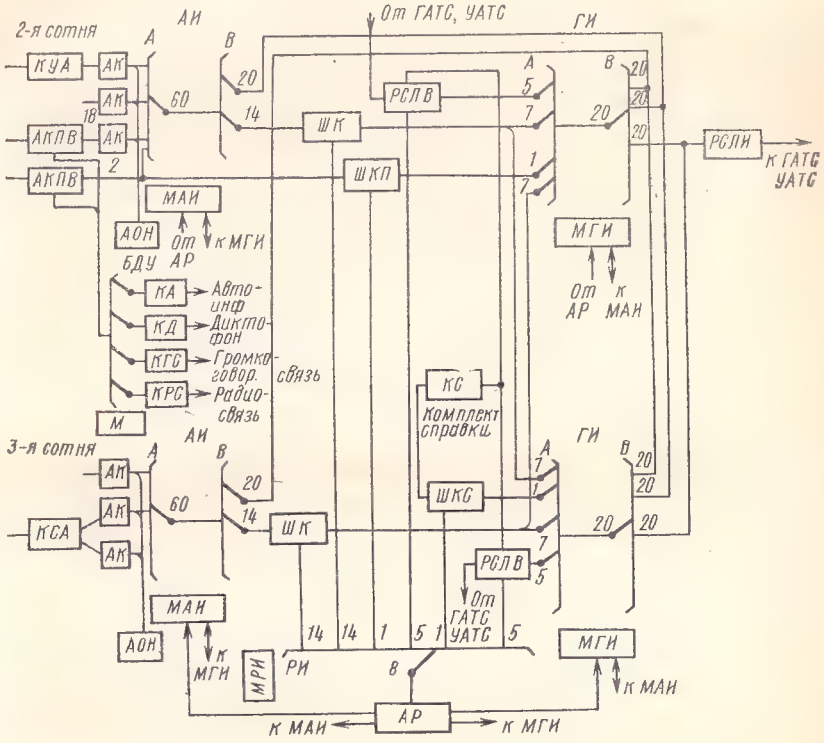


Рис. 7.25. Функциональная схема УПАТС 100/400 на 200 номеров

абонентской линии. Эта информация передается по разговорному тракту на АМТС. Предусмотрена возможность установки блока транзитной связи для организации ведомственного транзитного сообщения с использованием физических и уплотненных линий.

Особенностью УПАТС 100/400 является предоставление абонентам ряда дополнительных видов обслуживания, специфичных для учрежденческой телефонной связи. При внешнем входящем сообщении вызываемый абонент может набором номера переключить поступивший вызов на другую абонентскую линию. Во время разговора по входящей СЛ абонент УПАТС имеет возможность навести справку у другого абонента своей станции, а затем

вернуться к прежнему внешнему сообщению. В случае необходимости абонент при внешней связи может подключить для совместного разговора еще одного абонента УПАТС. На станции емкостью 400 номеров предусматривается включение двух привилегированных абонентских линий с правом подключения к абонентским линиям, занятым местным соединением. Эти линии для исходящей связи включаются через специальные абонентские комплекты привилегированных и выделенных линий *АКПВ* и шнуровые комплекты *ШКП* непосредственно на входы блоков *ГИ*.

Станция УПАТС 100/400 может работать совместно с диспетчерским коммутатором завода по общим абонентским линиям. При этом на диспетчерский коммутатор временно переключаются только абонентские линии, не имеющие права внешней связи с ГТС. Схема *АК* позволяет абонентскую линию, занятую на диспетчерском коммутаторе, отметить занятой на АТС.

При необходимости УПАТС 100/400 снабжается блоком дополнительных услуг *БДУ*, с помощью которого две привилегированных и 18 выделенных абонентских линий с комплектами *АКПВ* могут подключаться к диктофону *КД*, автоинформатору *КА*, к устройству громкоговорящей связи *КГС*, к аппаратуре радиотелефонной связи и к оборудованию службы ночного вызова. Некоторые из этих комплектов показаны на рис. 7.25. Для выбора направления к *БДУ* набирается единица, а затем после получения сигнала подключения к *БДУ* ($f=425$ Гц с периодичностью 1 с) набирается однозначный номер вида услуг. При этом маркер блока подключает необходимый комплект дополнительных услуг.

Допустимые электрические параметры абонентских и соединительных линий УПАТС 100/400 указаны в табл. 7.4.

Таблица 7.4

ПАРАМЕТРЫ АБОНЕНТСКИХ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ УПАТС 100/400

Линии УПАТС 100/400	Сопротивление линии, Ом	Емкость между проводами и по отношению к земле, мкФ	Сопротивление утечки, кОм
Абонентская линия	1000	0,5	50
Абонентская линия удаленного аппарата	3000	1	50
Трехпроводная соединительная линия: провода *a* и *b*	1500×2	1	150
провод *c*	700		
Двухпроводная соединительная линия	1000	0,5	80

Электропитание станции осуществляется от источника постоянного тока с допустимыми отклонениями напряжения в пределах $U=58\div66$ В.

Для посылки абонентам тональных сигналов ($f=425$ Гц) служат электронные генераторы. Основным источником вызывного тока является трансформатор, который понижает переменное на-

пряжение 127/220 В частотой $f=50$ Гц до величины 80—90 В. В качестве резерва используется релейный вибратор, создающий переменный ток частотой $f=25$ Гц.

Оборудование УПАТС 100/400 размещается на односторонних стативах, которые устанавливаются попарно монтажными сторонами друг к другу. Габариты сдвоенных стативов составляют $2215\times1012\times504$ мм. Станция УПАТС 100/400 рассчитана на работу без постоянного обслуживания, поэтому предусмотрен выносной сигнальный комплект *СК* для передачи со станции сигналов о повреждениях. Этот комплект устанавливается в помещениях, где всегда имеется дежурный персонал, который может вызвать техника АТС. Для размещения оборудования УПАТС емкостью 400 номеров требуется помещение площадью не менее 30 м².

Построение коммутационных блоков

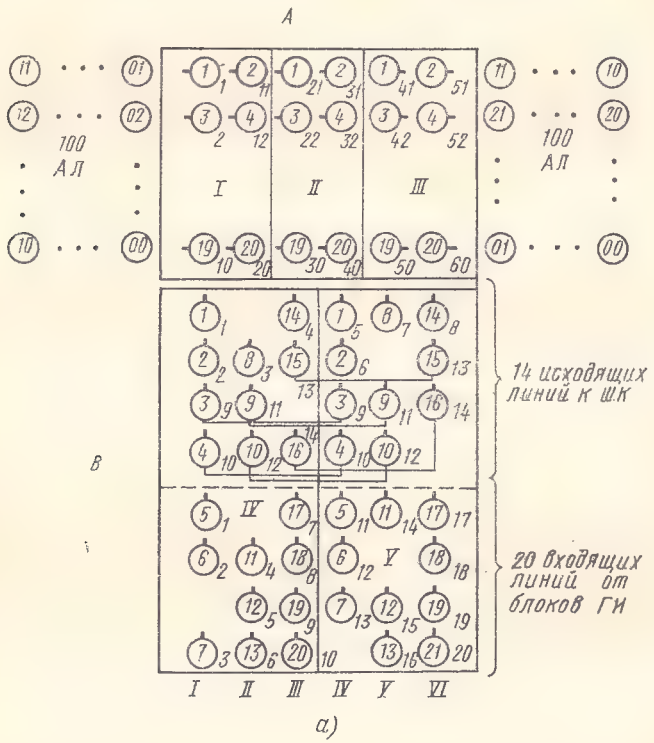
На ступени *АИ* для исходящего и входящего сообщений используются двухзвенные столинейные шестипроводные блоки, обслуживаемые индивидуальными маркерами, подобные блокам *АВ* АТСК. Каждый блок позволяет включить 100 абонентских комплектов в поле звена *А*, 60 промежуточных линий, 20 исходящих линий к шнуровым комплектам и 20 входящих линий из поля блоков ступени *ГИ*. Поскольку для группы в 100 линий предусматривается лишь 14 *ШК*, некоторые шнуровые комплекты включаются параллельно в две исходящие линии. В результате абонентская линия имеет доступ к каждому из восьми *ШК* по одной ПЛ, а к шести *ШК* по двум ПЛ, что повышает пропускную способность блока *АИ*. Для звена *А* используются три, а для звена *В* — два МКС типа $20\times10\times6$. В блоке *АИ* для повышения пропускной способности применяется транспонированное включение абонентских линий (рис. 7.26*а*).

На ступени *ГИ* используются коммутационные блоки типа ВПВП $20\times20\times100$ с индивидуальными маркерами. В каждом из звеньев применяется по одному МКС $20\times20\times3$. Схема блока *ГИ* изображена координатным и символическим способами на рис. 7.26*б, в*. Коммутационный граф блока *ГИ* указан на рис. 7.26*г*.

Для повышения пропускной способности блока *ГИ* предусмотрена бóльшая связность $f_{AB}=4$, т. е. между единственным коммутатором звена *А* и каждым из пяти коммутаторов звена *В* имеются по четыре ПЛ. Такой способ увеличения доступности является экономичным для блоков *ГИ* с небольшим числом МКС. В поле блока *ГИ* исходящие линии делятся на восемь направлений, из них четыре направления — к столинейным абонентским группам с доступностью $D_{\text{макс}}=qk_B=4\cdot5=20$. Четыре направления для исходящего сообщения имеют доступность $D_{\text{макс}}=5$. Вместо четырех внешних направлений можно образовать три, два или одно направление с соответствующим повышением доступности. На АТС емкостью 100—200 номеров устанавливаются два блока *ГИ*. К входам каждого блока *ГИ* включаются по семь *ШК* от двух

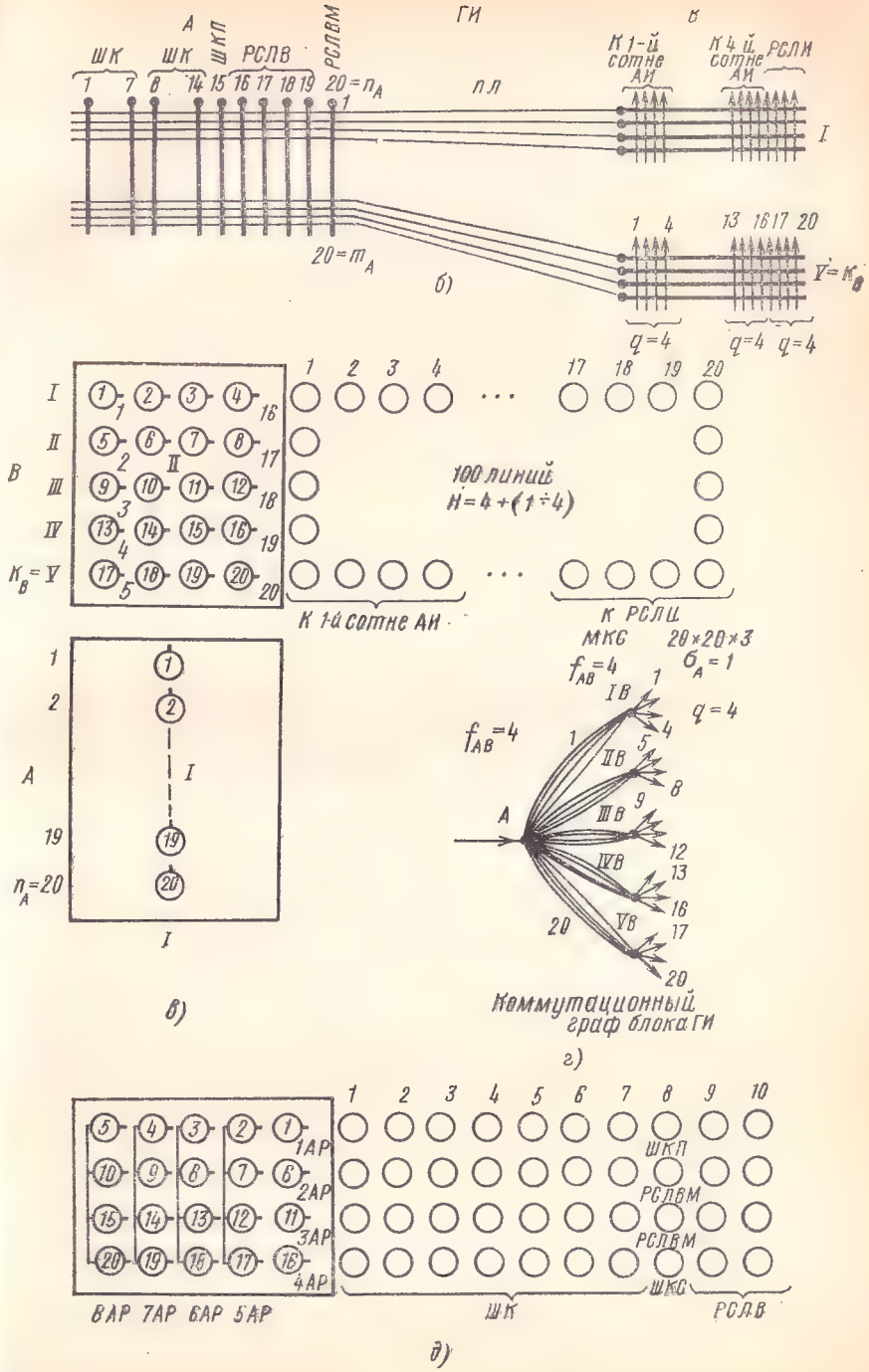
сотенных абонентских групп, шнуровой комплект привилегированного абонента *ШКП* или шнуровой комплект справочной линии *ШКС*, пять входящих соединительных линий от ГАТС, из них одна для междугородной связи.

На станции емкостью 100—200 номеров предусматривается один шестипроводной однозвенный блок ступени *РИ*, который реализуется на одном МКС 20×10×6. На входы блока *РИ* в поле вертикалей МКС включаются 40 линий от шнуровых комплектов и входящих РСЛ, а на выходы блока подключены восемь абонентских регистров (рис. 7.26*д*). Если предусмотреть полнодоступное включение восьми регистров ко всем 40 входам, то в блоке *РИ* потребовалось бы 32 вертикали МКС. С целью уменьшения числа необходимых вертикалей для реализации блока *РИ* на одном МКС 20×10×6 применено неполнодоступное включение регистров с доступностью $D=5$. При этом предусмотрены четыре индивидуальных регистра *(1—4)*, каждый из которых обслуживает лишь определенный десяток входов блока *РИ* и четыре общих регистра, доступные всем входам блока. Схема маркера *РИ* обеспечивает первоочередное занятие индивидуальных *АР*.



а)

Рис. 7.26. Схемы группообразования коммутационных блоков УПАТС 100/400: *а)* блок *АИ* 100×60×14/20; *б)* и *в)* блок *ГИ* 20×20×100; *г)* коммутационный граф блока *ГИ*; *д)* блок *РИ* 40×8



ГИ
А
В
ШК
ШК
ШКП
РСЛВ
РСЛВМ
К 1-й сотне АИ
К 4 й сотне АИ
РСЛИ
пл
20=n_A
20=m_A
I
$V=K_B$
б)
q=4
100 линий
H=4+(1÷4)
К 1-й сотне АИ
К РСЛИ
МКС
20×20×3
$f_{AB}=4$
$б_A=1$
$n_A=20$
в)
Коммутационный граф блока ГИ
г)
1АР
2АР
3АР
4АР
8АР 7АР 6АР 5АР
ШКП
РСЛВМ
ШКС
ШК
РСЛВ
д)

Рис. 7.26. б)—д).

Функциональная схема

На станции емкостью 200 номеров (см. рис. 7.25) устанавливаются два столинейных блока ступени *АИ*, два блока ступени *ГИ* и один блок ступени *РИ*.

В поле звена *А* каждого блока *АИ* включаются 100 абонентских комплектов, большинство которых используется для индивидуальных абонентских линий. При необходимости в любые *АК* через щит переключений могут быть подключены комплекты удаленных аппаратов *КУА*, комплекты спаренных аппаратов с диодным разделением цепей *КСА* и комплекты уплотненных цепей. Выделенные абонентские линии, имеющие возможность подключения к блоку дополнительных услуг *БДУ*, присоединяются к *АК* через абонентские комплекты выделенных и привилегированных абонентов *АКВП*.

Рассмотрим особенности установления внутристанционного соединения. При вызове станции абонентом маркер блока *АИ* осуществляет в два этапа обусловленное искание для выбора промежуточной и исходящей линий, а затем включает электромагниты МКС в звеньях *А* и *В*. В результате вызывающая абонентская линия подключается через коммутационный блок *АИ* к свободному *ШК*. Если занимается *ШК*, который не имеет в данный момент доступ к свободным регистрам, то после технической выдержки времени (200 мс) маркер *РИ* и *ШК* освобождаются, а маркер *АИ* поключает к абонентской линии другой шнуровой комплект. Шнуровой комплект, подключившийся к вызывающему абоненту, занимает маркер блока *РИ*, который выбирает свободный регистр *АР*. Из регистра абонент получает сигнал «Ответ станции» и приступает к набору номера. Управляющие сигналы из номеронабирателя передаются шлейфным способом в импульсное реле регистра, которое управляет работой пятирелейного счетного устройства. Первые две цифры номера последовательно запоминаются фиксаторами сотен и десятков, а последняя цифра фиксируется реле счетного устройства.

После фиксации всех набранных цифр абонентский регистр в зависимости от номера *ШК* занимает маркер соответствующего блока *ГИ*. Из *МГИ* в регистр передается гальванический сигнал для выдачи адресной информации. После этого выходы фиксирующих контактных пирамид подключаются к проводам выдачи информации и регистр передает в *МГИ* многопроводным кодом цифру сотен. Маркер выбранного сотенного блока *АИ* получает из регистра по 20 проводам информацию о цифрах десятков и единиц. Затем *МАИ* производит обусловленное искание ПЛ одновременно в блоках *ГИ* и *АИ*, обеспечивая выбор таких линий, которые могут соединить занявшийся вход блока *ГИ* с вызванной абонентской линией. Таким образом, при входящем сообщении обусловленное искание осуществляется через четыре звена (блок *ГИ* и блок *АИ*) для увеличения числа доступных соединительных путей и повышения пропускной способности коммутационных бло-

ков. Для обеспечения совместной работы ступеней *ГИ* и *АИ* между маркерами блоков *ГИ* и *АИ* имеются управляющие цепи. Благодаря указанному построению пробных цепей можно применять двухзвенную схему на ступени *АИ* при входящем сообщении. Маркер блока *АИ* после завершения обусловленного искания ПЛ осуществляет пробу вызванной абонентской линии. Если она свободна, то соединение полностью коммутируется, а маркеры и регистр освобождаются. Посылка вызова и тонального контрольного сигнала производится из *ШК*. Освобождение абонентской линии и всех соединительных устройств при внутреннем сообщении обеспечивается после одностороннего отбоя.

Привилегированная абонентская линия через комплект *АКПВ* непосредственно подключается к шнуровому комплекту *ШКП*, который занимается при исходящей и входящей связи. Если привилегированный абонент вызывает абонента УПАТС, занятого местным соединением, то маркер *АИ*, получив особый сигнал, обеспечивает подключение выхода *ШКП* через блоки *ГИ* и *АИ* к разговаривающим абонентам. При этом абонентам посылается сигнал предупреждения в виде импульсов тока частотой 450 Гц, длительностью 20 мс, с паузой 5 с. В случае отказа вызванного абонента от первоначального разговора он должен дать отбой и снова снять микротелефон для разговора. При занятости абонентской линии внешним соединением она недоступна для привилегированного абонента.

При внешнем сообщении исходящие соединительные линии к ГАТС и УАТС включаются в поле блоков *ГИ*. В зависимости от расстояния между УПАТС и встречной станцией используются трехпроводные, двухпроводные или уплотненные линии. Для выбора направления к другой АТС абонент УПАТС набирает однозначный индекс «9» и ожидает получения сигнала «Ответ станции». Трехпроводные СЛ на встречной станции включаются на входы первой ступени группового искания, а двухпроводные СЛ подключаются на встречной станции к абонентскому комплекту. Посылка сигналов управления производится декадными импульсами батарейным способом по трехпроводным СЛ *(РСЛИ-3)* и шлейфным способом по двухпроводным СЛ *(РСЛИ-2)*. В схеме *РСЛИ-2* предусмотрен двухрелейный корректор, обеспечивающий стабильную паузу 50—55 мс. Для связи по уплотненным СЛ устанавливаются типовые комплекты *РСЛИ-У*.

Входящие соединительные линии от УАТС и ГАТС для местной и междугородной связи включаются на входы блоков *ГИ* через входящие комплекты *РСЛ* (рис. 7.25). Входящее местное сообщение от декадно-шаговых и координатных ГАТС и УАТС осуществляется по трехпроводным соединительным линиям с передачей сигналов управления батарейным способом через *РСЛВ-3*. Для междугородной связи используются трехпроводные комплекты *РСЛВМ-3*. В отдельных случаях при длинных СЛ применяется аппаратура уплотнения. В этом случае, кроме входящих комплектов *РСЛВ*, дополнительно используются типовые ком-

плекты *РСЛВ-У* или *РСЛВМ-У*. Входящие СЛ на ГАТС включаются в поле ступени *ГИ*, выбирающей тысячное или сотенное направление. В последнем случае цифра сотен восстанавливается в регистре УПАТС. На АТСК СЛ включаются в выходы *РСЛИ-3* или *ПКИ-3*. Входящий комплект *РСЛВ-3* выполняет много функций и насчитывает 18 реле. Он обеспечивает занятие *МРИ*, удержание электромагнитов в блоках *ГИ* и *АИ*, посылку вызова, питание микрофона аппарата вызываемого абонента, прием и передачу линейных сигналов и подключение к комплекту справки.

Для наведения справки при входящем сообщении абонент УПАТС набирают любую цифру, кроме 1. При этом *РСЛВ-3* подключается к комплекту справки *КС*, а последний занимает шнуровой комплект справки *ШКС*. После присоединения регистра к *ШКС* абонент УПАТС получает сигнал «Ответ станции» и набирает трехзначный номер нужной ему абонентской линии для наведения справки.

ГЛАВА 8

МЕСТНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ

8.1. ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ, КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ, ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Основные определения

Совокупность устройств и сооружений, при помощи которых осуществляется телефонная связь, называют телефонной сетью. В состав телефонных сетей входят:

коммутационные устройства (автоматические телефонные станции, узловые станции, подстанции);

линейные сооружения (абонентские линии, соединительные линии, каналы междугородной связи);

гражданские сооружения (здания телефонных станций, усилительных пунктов);

телефонные аппараты.

Помимо этого, в состав телефонных сетей входят многие вспомогательные устройства и сооружения.

По назначению различают следующие виды телефонных сетей: городские, сельские, учрежденческие, зоновые и междугородные.

Городские телефонные сети (ГТС) обеспечивают телефонную связь на территории города и ближайших пригородов.

Сельские телефонные сети (СТС), обеспечивают телефонную связь в пределах сельских административных районов.

Учрежденческие телефонные сети (УТС), обеспечивают внутреннюю телефонную связь предприятий, учреждений,

организаций. Такие сети могут быть либо полностью автономными, либо иметь выход на телефонную сеть общего пользования.

Эти три вида телефонных сетей объединяют общим названием *местные телефонные сети.*

Зоновые телефонные сети (ЗТС) — это комплекс сооружений, предназначенных для связи между абонентами местных телефонных сетей, расположенных на территории одной *телефонной зоны,* характеризующейся наличием единой семизначной *зоновой нумерации.* Большинство телефонных зон совпадает с территориями областей, союзных республик (не имеющих областного деления), автономных республик. На территории некоторых областей предусматривается организация двух телефонных зон.

Междугородная телефонная сеть (МТС) — это комплекс сооружений, предназначенных для установления соединений между абонентами местных телефонных сетей, расположенных на территории различных зон.

Все телефонные сети СССР входят в состав Общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети (ОАКТС), которая представляет собой совокупность автоматических телефонных станций, узлов автоматической коммутации, каналов и линий телефонной связи, отвечающих единым техническим и эксплуатационным требованиям и обеспечивающим телефонную связь на всей территории нашей страны. Сеть ОАКТС является составной частью Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС), охватывающей все виды электрической связи в СССР.

Упрощенная структурная схема ОАКТС на примере двух телефонных зон, в каждой из которых показано по одной ГТС и СТС, приведена на рис. 8.1. В состав крупных ГТС входят, помимо районных АТС (РАТС), также и узловые станции(например, узлы входящего сообщения УВС). В составе СТС показаны центральная станция ЦС, узловая станция УС и оконечная станция ОС. Автоматические междугородные телефонные станции АМТС разных зон могут быть соединены между собой непосредственно либо через узлы автоматической коммутации УАК. Телефонная связь между местными сетями одной зоны так же, как и связь между местными сетями разных зон, осуществляется через АМТС своих зон.

Рассмотрим требования, которые оказывают наиболее существенное влияние на структуру местных телефонных сетей. Это, прежде всего, требования, связанные с системой нумерации абонентских линий, и требования по допустимому затуханию соединительного тракта и его распределению.

Нумерация абонентских линий

Создание Общегосударственной автоматически коммутируемой телефонной сети невозможно без наличия единой системы нумерации абонентских линий, основанной на общих для всех сетей принципах. В СССР принят зоновый принцип нумерации: каж-

дой зоне присвоен 3-значный код *(ABC)*, в пределах одной зоны вводится единая 7-значная нумерация. Каждой ГТС и СТС этой зоны выделяются одна или несколько стотысячных групп нумерации, которым присваиваются двузначные коды (*ab*). В пределах одной зоны может иметься до 80 таких групп, и общая емкость

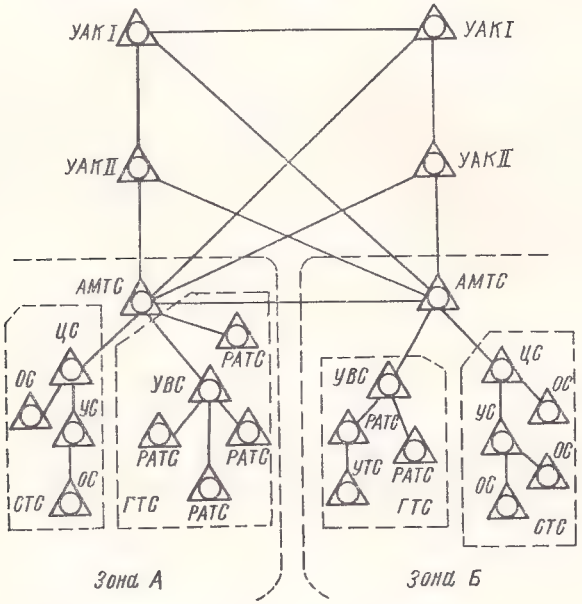


Рис. 8.1. Эскиз структуры ОАКТС

нумерации одной зоны не превышает 8 млн. номеров, поскольку цифры 8 и 0 не могут быть использованы в качестве первых цифр в нумерации абонентских линий ГТС и СТС.

При распределении зоновой нумерации между ГТС и СТС нужно иметь в виду, что номерная емкость телефонных станций, входящих в состав ГТС или СТС, всегда ниже емкости нумерации, выделенной для них из состава нумерации зоны. Отношение суммарной емкости АТС к емкости нумерации называют *коэффициентом использования нумерации*. В системе ОАКТС этот коэффициент рекомендуется принимать на перспективу для нумерации ГТС равным 0,6—0,7, а для СТС — 0,5—0,6.

В зависимости от емкости и перспектив развития ГТС «местные» номера абонентских линий, т. е. номера, набираемые при установлении соединений в пределах своей ГТС, могут иметь 5, 6 или 7 знаков[1]. Местные номера ГТС образуются из 4-значного номера в пределах одной десятитысячной группы нумерации (в большинстве случаев в пределах одной АТС емкостью до 10 000 номеров) и

[1] На небольших нерайонированных ГТС возможна и 4-значная нумерация.

кода этой группы (станционного кода), который может быть в зависимости от значности нумерации ГТС одно-, дву- или трехзначным. Таким образом, местные номера образуются по схеме: $c\times\times\times\times$, $bc\times\times\times\times$, $abc\times\times\times\times$, где $\times$ — любая цифра. Поскольку в качестве первых знаков станционных кодов не могут быть использованы цифры 8 и 0, емкость нумерации ГТС составит соответственно $8\cdot10^4$, $80\cdot10^4$ и $800\cdot10^4$ номеров. Индексы *a* и *b*, входящие в состав станционных кодов, должны совпадать с кодами *ab* стотысячных групп нумерации, выделенных для данной ГТС.

Все абонентские номера одной ГТС должны иметь одинаковую значность. Однако при необходимости изменения значности в ходе развития сети возможно иметь временно и смешанную нумерацию, например 5- и 6-значную или 6- и 7-значную.

Для каждой СТС, т. е. для одного сельского административного района, в составе зоновой нумерации выделяется одна 100 000-я группа, а следовательно, местные номера в пределах одной СТС могут иметь до пяти знаков, с исключением для первого знака цифр 8 и 0. Суммарная емкость нумерации центральной, узловых и оконечных станций СТС ограничивается 80 000 номеров. Если на всех ЦС, УС, ОС используется коммутационное оборудование с 5-значными регистрами, то абонентские линии этой СТС могут получить единую 5-значную нумерацию: каждый телефонный аппарат вызывается одним и тем же 5-значным номером независимо от местонахождения вызывающего телефона. Такую систему нумерации называют *закрытой системой нумерации.*

Для абонентов узловых и оконечных станций, которые предназначаются, главным образом, для нужд производственной связи колхозов и совхозов, удобнее при внутристанционной связи пользоваться сокращенной, например, 3-значной нумерацией. В этом случае, при необходимости выхода за пределы своей АТС, набирается вначале индекс выхода на вышестоящую станцию (УС или ЦС), а затем единый 5-значный номер вызываемого абонента СТС. Такую систему нумерации называют *открытой.* В качестве индекса выхода обычно используется цифра 9. Возможно также иметь открытую систему нумерации и без индекса выхода — при внутристанционной связи набирается 3-значный номер, при необходимости выхода за пределы своей АТС набирается единый 5-значный номер. В этом случае в качестве первых знаков сокращенных номеров не могут быть использованы цифры 8 и 0 и первые цифры 5-значных номеров межстанционной связи.

При междугородной и зоновой связи к местным номерам СТС впереди добавляются код зоны *ABC* и код СТС (т. е. 100 000-й группы) *ab*, а к местным номерам ГТС — код зоны *ABC* и недостающие до семи знаки *ab* (для 5-значной нумерации *00*, для 6-значной *0*). До набора междугородного или зонового номера вызываемого абонента вызывающий абонент должен набирать индекс выхода на МТС «8» или индекс выхода на зоновую сеть «82». Таким образом, при междугородной связи с абонентом ГТС дру-

гой зоны набирают $8ABC\ abc \times\times\times\times$, а с абонентом СТС — $8ABC\ ab \times\times\times\times\times$; при связи с абонентом ГТС своей зоны — $82abc \times\times\times\times$, а с абонентом СТС — $82ab \times\times\times\times\times$. Более подробно общие вопросы нумерации изложены в курсе АМТС [3], а вопросы нумерации СТС в [8].

Требования по затуханию

Для обеспечения высокого качества передачи речи в системе ОАКТС установлено, что величина остаточного затухания разговорного тракта на частоте 800 Гц между телефонными аппаратами любых двух абонентов должна быть не больше:

при связи абонентов различных телефонных зон . .	29,5 дБ
при связи между абонентами разных местных сетей в одной телефонной зоне	27,7 дБ
при связи между абонентами одной ГТС или СТС .	28,6 дБ

Принятое в ОАКТС распределение затухания на ГТС и СТС при местной и междугородной связи показано на рис. 8.2. Двухпроводные и четырехпроводные участки разговорного тракта показаны одной и двумя линиями соответственно. При распределении затухания принято: остаточное затухание каналов, образованных системой ВЧ передачи, — 6,9 дБ; то же, с максимально возможным числом узлов автоматической коммутации на междугородной сети — 8,7 дБ; максимальное затухание абонентских линий на ГТС — 4,3 дБ; затухание, вносимое коммутационным оборудованием районных АТС городских телефонных сетей (ГТС),— 1,3 дБ, узловых станций — 0,45 дБ, оборудованием сельских телефонных сетей — ЦС, УС, ОС — при двухпроводной коммутации разговорного тракта — 0,9 дБ; при четырехпроводной коммутации затухание, вносимое оборудованием станций, принимается равным нулю, а в точке перехода с четырехпроводного тракта на двухпроводной — равным 0,9 дБ.

Выполнение требований по затуханию при междугородных соединениях на участках между МТС и ГТС (СТС) достигается в большинстве случаев путем широкого применения аппаратуры ВЧ уплотнения. Если коммутационная аппаратура МТС позволяет получать четырехпроводные выходы к местным сетям (этим требованиям удовлетворяют координатные АМТС) и участок соединительного тракта между АМТС и УВС на ГТС будет оборудован аппаратурой ВЧ уплотнения, то тем самым окончание междугородного канала переносится на УВС. Соответствующее этому случаю распределение затухания показано пунктирными линиями на рис. 8.2*в*. Как мы видим, поскольку затухание на участке АМТС—УВС равно нулю, допустимое на участке АМТС—РАТС затухание 3,9 дБ будет отнесено только к участку от УВС до РАТС. Это позволит на большинстве сетей с УВС использовать для соединительных линий междугородной связи те же кабели, которые прокладываются между УВС и РАТС для местной связи (ср. с рис. 8.2*б*).

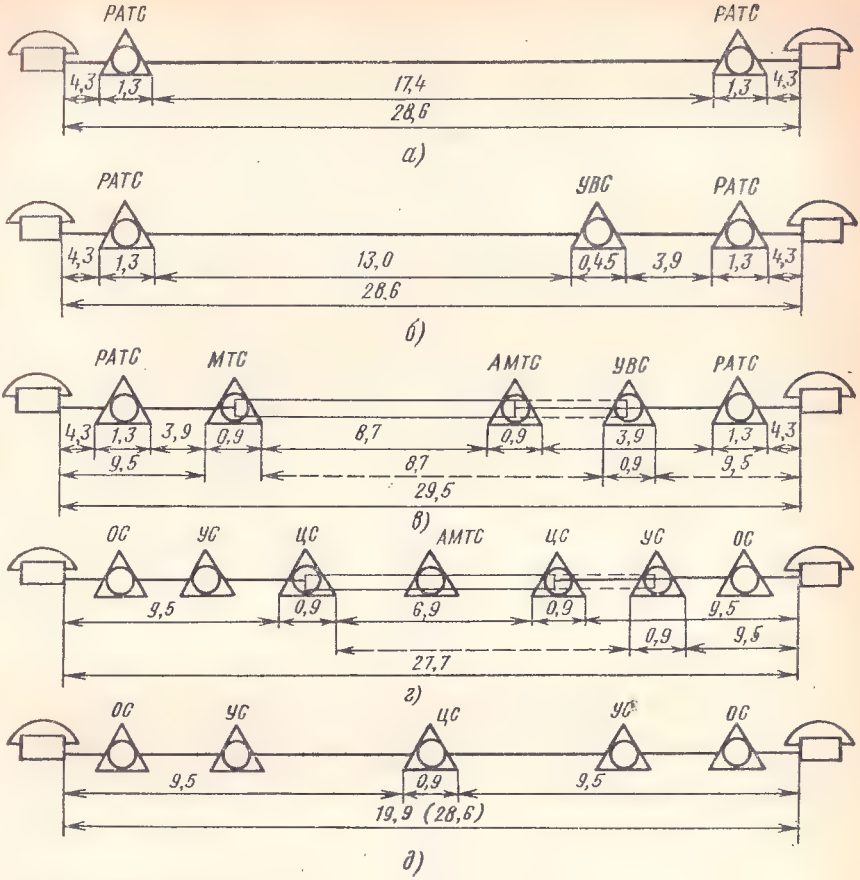


Рис. 8.2. Распределение затухания в ОАКТС:
а) на ГТС без узлов при местной связи; *б)* на ГТС с УВС при местной связи; *в)* на ГТС с УВС при междугородной связи; *г)* на зоновой телефонной сети при связи двух СТС; *д)* внутри одной СТС

Возможное распределение затухания при связи абонентов двух СТС одной зоны показано на рис. 8.2*г*. Для выполнения требований по затуханию АМТС зоны соединяются со своими ЦС уплотненными линиями, оборудование АМТС должно обеспечивать коммутацию четырехпроводных трактов, и затухание от ЦС до ТА СТС должно быть не более 9,5 дБ. При наличии четырехпроводного оборудования на ЦС и уплотнения линий между ЦС и УС окончание междугородного канала может быть перенесено на УС, что позволит снизить затраты на линейные сооружения, поскольку на СТС междугородные и местные соединения обслуживаются общими пучками соединительных линий. Затухание всего тракта при местной связи в пределах одной СТС составит 19,9 дБ (рис. 8.2*д*).

8.2. ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ ГТС

Городская телефонная сеть — это совокупность линейных и станционных сооружений, с помощью которых обеспечивается телефонная связь на территории города и тяготеющих к нему пригородов. Сеть, имеющая одну АТС, называется *нерайонированной* телефонной сетью (рис. 8.3*а*). Линейные сооружения такой сети

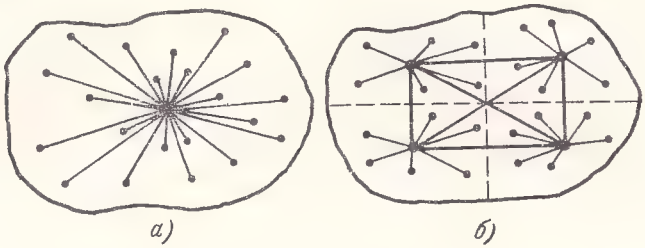


Рис. 8.3. Районирование ГТС:
а) нерайонированная сеть; *б*) районированная сеть

состоят только из абонентских линий. В большинстве случаев число абонентских линий (емкость) нерайонированных сетей невелико — считается, что при емкостях, больших, чем 8—10 тыс. абонентских линий, целесообразно переходить на *районированное* построение сети (рис. 8.3*б*). В этом случае территория города делится на несколько телефонных районов, в каждом из которых сооружается одна районная АТС (РАТС), к которой подключены телефонные аппараты всех абонентов этого района. Соединения внутри своего телефонного района осуществляются через одну станцию, соединения между абонентами, находящимися в разных телефонных районах, устанавливаются через две РАТС. Для этого все РАТС связываются друг с другом соединительными линиями СЛ, которые в своей совокупности образуют сеть межстанционной связи.

Очевидно, что районировать телефонную сеть можно многими способами, задаваясь разным числом телефонных районов и различной емкостью РАТС. Задача районирования заключается в нахождении оптимального варианта, при котором суммарные затраты на сооружение абонентских линий, соединительных линий межстанционной связи, станционных сооружений и зданий РАТС, отнесенные к одному номеру абонентской емкости телефонной сети, будут минимальными:

$$K = K_{\text{АЛ}} + K_{\text{СЛ}} + K_{\text{ст}} + K_{\text{зд}}. \qquad (8.1)$$

Емкости станций, при которых будет выполняться это условие, можно считать оптимальными (наивыгоднейшими) емкостями станций. Условимся, что емкостью РАТС при разработке схемы построения сети будем считать число абонентских линий, которое может быть

подключено к коммутационному оборудованию, установленному в здании телефонной станции независимо от того, сколько полных или неполных десятитысячных групп образует это оборудование.

Для установления некоторых закономерностей, позволяющих оценить тот или иной вариант районирования сети, рассмотрим идеализированную модель ГТС, для которой примем следующий ряд допущений и упрощений.

1. Будем считать, что плотность распределения абонентов по территории города, т. е. число телефонных аппаратов, приходящееся на 1 гектар (га) площади $\sigma = N/S$, одинаково по всей территории. Здесь N — емкость телефонной сети и S — площадь, занимаемая городской застройкой, га.

2. Территория города и выделяемых на ней равных по площади телефонных районов имеет прямоугольную форму и прямоугольную планировку улиц и проездов. Предполагается, что телефонные кабели будут прокладываться по взаимно перпендикулярным направлениям.

3. Районные АТС связываются друг с другом соединительными линиями по схеме «каждая с каждой». При наличии на сети n районных АТС число пучков СЛ $\rho = n(n-1)$.

4. Нагрузка, создаваемая каждым абонентом сети, одинакова и равна y. Общая исходящая нагрузка, создаваемая каждой станцией и равная ym, где m — емкость РАТС, распределяется между всеми станциями поровну, и, следовательно, нагрузка, поступающая на каждый пучок СЛ, равна $Y = my/n$.

5. Все станции оборудованы коммутационными устройствами, позволяющими иметь одинаковую доступность на всех направлениях СЛ. Число соединительных линий рассчитывается при одних и тех же потерях по формуле $v = \alpha Y + \beta$.

6. Предполагается, что на абонентской сети используются однотипные кабели с одинаковым диаметром жил и, следовательно, с одинаковой стоимостью километр-пары (км-пара) для всех вариантов районирования.

7. То же предполагается и на сети соединительных линий.

8. Определение средней длины абонентских линий производится в предположении, что каждая РАТС размещена в *телефонном центре,* т. е. в такой точке на территории телефонного района, сумма расстояний от которой до всех точек, где должны быть установлены ТА, минимальна. При этом считается, что наличие сети межстанционных СЛ не влияет на местоположение телефонного центра.

Определим теперь *затраты на сеть абонентских линий,* отнесенных к одному номеру емкости телефонной сети с учетом принятых допущений. Обозначив $\bar{l}_{АЛ}$ — среднюю длину абонентских линий и $c_{АЛ}$ — стоимость 1 км-пары кабеля, можем написать

$$K_{АЛ} = \bar{l}_{АЛ} c_{АЛ}. \qquad (8.2)$$

При образовании на территории сети телефонных районов в условиях прямоугольной планировки и равномерной плотности естественно выделять телефонные районы, имеющие конфигурацию, близкую к квадрату. Заменяя выделенную для каждой РАТС территорию, равную S/n га, равновеликим квадратом, можем определить, как это легко видеть по рис. 8.4, среднюю длину абонентской линии

$$\bar{l}_{\text{АЛ}} = \frac{1}{2}\sqrt{S/n}.$$

Имея в виду, что $S = N/\sigma$ и $N = mn$, получаем

$$K_{\text{АЛ}} = \frac{1}{2}\sqrt{m/\sigma}\, c_{\text{АЛ}}. \qquad (8.3)$$

(Если, как это принято σ задается как число ТА на 1 га, то для получения $\bar{l}_{\text{АЛ}}$ в километрах необходимо правую часть ф-лы (8.3) умножить на 10^{-1}.)

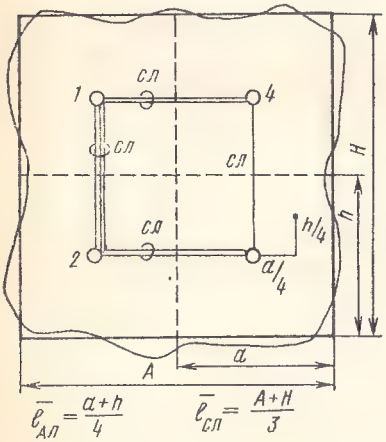


Рис. 8.4. Модель ГТС с четырьмя районными АТС

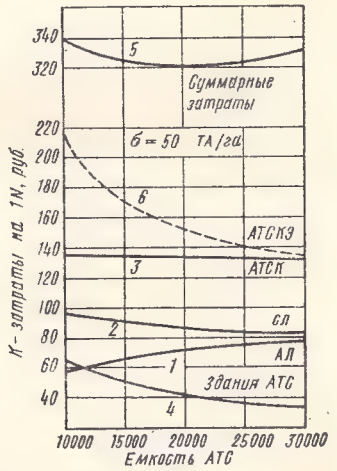


Рис. 8.5. Зависимость величины капитальных затрат на 1 номер от емкости АТС:

1 — на сооружение абонентских линий; *2* — на сооружение соединительных линий; *3* — на станционное оборудование АТСК; *4* — на здания АТС; *5* — суммарные затраты; *6* — на станционное оборудование АТСКЭ

Кривая *1* на рис. 8.5 характеризует зависимость затрат на абонентские линии от емкости РАТС для сети, имеющей плотность $\sigma = 50$ та/га. С увеличением плотности, очевидно, $K_{\text{АЛ}}$ будет уменьшаться, поскольку уменьшается территория, обслуживаемая станцией емкостью m, и наоборот.

Затраты на соединительные линии межстанционной связи, отнесенные к одному номеру емкости сети с учетом принятых допущений, могут быть определены как

$$K_{\text{СЛ}} = \frac{1}{N} V (\bar{l}_{\text{СЛ}} c_{\text{СЛ}} + B), \tag{8.4}$$

где V — общее число СЛ по всем направлениям межстанционной связи; $\bar{l}_{\text{СЛ}}$, $c_{\text{СЛ}}$ — соответственно средняя длина и стоимость 1 км-пары кабеля СЛ; B — стоимость релейных комплектов СЛ и стоимость коммутационного оборудования, относящегося к одной СЛ (*РСЛИ, РСЛВ,* вход ступени искания).

Общее число СЛ линий межстанционной связи может быть определено из выражения

$$V = \rho v = n(n-1)(\alpha Y + \beta). \tag{8.5}$$

Поскольку нам важно лишь выяснить характер зависимости $K_{\text{СЛ}}$ от емкости РАТС и плотности σ, для упрощения расчетов можно пренебречь величиной β. Погрешность, которую мы при этом вносим, невелика: для сети, построенной по схеме «каждая с каждой» с емкостью $N=80\,000$ и $\sigma=20$, разница в стоимости $K_{\text{СЛ}}$ на один номер не провосходит 2%. Имея это в виду, можно принять

$$V = n(n-1)\alpha \frac{ym}{n}. \tag{8.6}$$

Средняя длина СЛ межстанционной связи при условии равномерной плотности и, следовательно, равномерного распределения станций по территории сети и прокладки кабеля по ортогональным трассам может быть представлена выражением $\bar{l}_{\text{СЛ}} = (A+H)/3$, где A и H — стороны прямоугольника равновеликого площади S нашей сети. Для территории сети, близкой по конфигурации к квадрату,

$$\bar{l}_{\text{СЛ}} = \frac{2}{3}\sqrt{S}. \tag{8.7}$$

В результате получаем

$$K_{\text{СЛ}} = \frac{1}{N} n(n-1)\alpha \frac{ym}{n}\left(\frac{2}{3}\sqrt{S} c_{\text{СЛ}} + B\right).$$

Заменяя n на N/m, получим

$$K_{\text{СЛ}} = \frac{1}{N}(N-m)\alpha y\left(\frac{2}{3}\sqrt{N/\sigma}\, c_{\text{СЛ}} + B\right). \tag{8.8}$$

Анализируя это выражение, мы видим, что с увеличением m при той же плотности затраты на СЛ уменьшаются. В пределе при $m=N$ затраты на СЛ равны нулю, т. е. мы приходим к варианту нерайонированной сети. Увеличение плотности также снижает затраты на СЛ.

Кривая *2* на рис. 8.5 иллюстрирует закономерности, выраженные в ф-ле (8.8).

Затраты на станционное оборудование, отнесенные к одному номеру емкости сети $K_{ст}$, можно представить как сумму $A+B/m$, где А — затраты, объем которых пропорционален абонентской емкости станции (следовательно, и возникающей на станции нагрузке), а B — затраты на общестанционные устройства, стоимость которых не зависит ни от емкости РАТС, ни от нагрузки. Для координатных АТС эта вторая слагающая мала по сравнению с первой, и можно считать, что для сети с заданной емкостью и структурой затраты на станционное оборудование на один номер почти не зависят от емкости районных АТС (кривая *3* на рис. 8.5).

Для квазиэлектронных АТС, управление которыми осуществляется с помощью электронных управляющих машин, положение резко изменяется, поскольку затраты на эти машины во всех известных системах КЭАТС и в новых системах, разрабатываемых в нашей стране, не зависят от емкости РАТС (разумеется, в пределах применения однотипных КЭАТС). Предварительные подсчеты показывают, что если для станций емкостью 10 000—30 000 номеров будет использован один тип КЭАТС, то, считая стоимость одного номера КЭАТС емкостью 30 000 номеров за 100, мы получим: для емкости 20 000 номеров стоимость, равную 108, для емкости 15 000—116 и для емкости 10 000—170.

На рис. 8.5 пунктирная кривая *6* показывает изменение $K_{ст}$ в зависимости от емкости станций в случае применения КЭАТС. Цифры, по которым построена эта кривая, даны только в качестве примера и не могут служить для каких-либо выводов о стоимости оборудования КЭАТС.

Затраты на гражданские сооружения (здания АТС) на один номер убывают с увеличением емкости АТС, т. е. с увеличением общего объема здания. Так, при разработке генеральных схем развития городских телефонных сетей считают, что с увеличением емкости АТСК с 10 000 до 30 000 номеров затраты на здания, отнесенные к одному номеру, уменьшаются в 2 раза (кривая *4* на рис. 8.5).

Суммируя все виды затрат, можно прийти к заключению (кривая *5* на рис. 8.5), что при некоторых значениях емкости районных АТС затраты, отнесенные к одному номеру емкости сети, рассчитанные для идеализированной модели сети, становятся минимальными, и емкости, лежащие вблизи этих значений, можно считать оптимальными емкостями районных АТС для заданных условий.

Одним из важнейших факторов, влияющих на величину оптимальной емкости РАТС, является телефонная плотность. С увеличением σ уменьшаются затраты на сеть абонентских линий и на сеть соединительных линий, а следовательно, снижаются и общие затраты на один номер емкости. Оптимальная емкость РАТС при этом смещается в сторону более высоких емкостей.

На рис. 8.6 приведены зависимости общих затрат на один номер от емкости районных АТСК для различных плотностей, рас-

считанные для модели большой телефонной сети (720 000 номеров). Как мы видим, с увеличением плотности с $\sigma=20$ до $\sigma=200$ та/га емкости РАТС, которые могут считаться оптимальными, смещаются с 18 000 до 23 000 номеров. Затраты на один номер при этом уменьшаются с 345 руб. при $\sigma=20$ до 295 руб. при $\sigma=200$. Расчеты, произведенные для сетей меньшей емкости, показывают, что величины оптимальных по капитальным затратам емкостей районных станций несколько уменьшаются.

Для сравнения следует указать, что оптимальные емкости для декадно-шаговых РАТС, которые были рассчитаны в свое время для аналогичных моделей [19], оказались намного меньшими. Для плотностей в пределах $\sigma=10$—40 та/га минимальные суммарные затраты на 1 номер соответствовали емкостям РАТС — 6000—10 000 номеров.

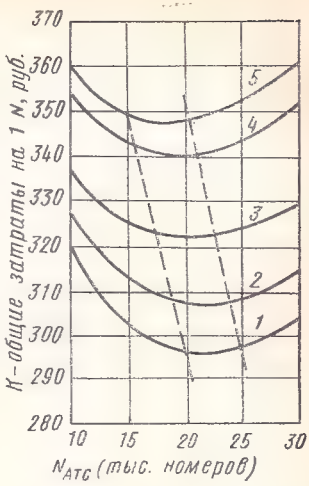


Рис. 8.6. Зависимость общих затрат на 1 номер от емкости АТСК при различной телефонной плотности

8.3. РАЙОНИРОВАНИЕ ГТС С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Изложенные выше методы позволяют получить лишь приближенный к оптимальному вариант районирования, так как для расчетов была принята модель, предполагающая равномерное распределение телефонных аппаратов по территории, обслуживаемой сетью, прямоугольность планировки и ряд других допущений. На городских территориях всегда имеются зеленые массивы, крупные транспортные магистрали, участки, занятые промышленными предприятиями. Все это может служить естественными границами телефонных районов, что невозможно учесть в идеализированной модели сети. Задача еще более усложняется при разработке плана развития существующих сетей, когда необходимо считаться с уже имеющимися станционными и линейными сооружениями абонентских и межстанционных соединительных линий. Число возможных вариантов развития сети может быть очень большим. Оценить эти варианты и выбрать оптимальный или один из близких к нему вариантов можно только с помощью ЭВМ. При этом могут быть рассмотрены и варианты, отличающиеся друг от друга по очередности строительства отдельных телефонных станций, что позволит выбрать оптимальную стратегию развития данной телефонной сети на длительный период времени.

Первыми наиболее обстоятельными работами по использованию ЭВМ для проектирования ГТС, в частности для районирования, следует считать работы И. Раппа (Швеция), опубликованные в 1962 г. Вначале подготавливается ряд исходных возможных ва-

риантов районирования, представляющихся проектировщику наиболее рациональными. Каждый из этих вариантов ЭВМ оптимизирует методом последовательных приближений и по каждому из них определяет все стоимостные и технические характеристики, необходимые для принятия обоснованного решения.

Для решения задачи составляется абонентская матрица, представляющая собой распределение телефонных аппаратов на территории сети. Для этого вся территория города разбивается сеткой взаимно перпендикулярных линий на равные квадраты. Направление этих линий по возможности должно совпадать с преимущественным направлением главных магистралей и улиц города (рис. 8.7). Размеры квадратов выбираются с учетом объема

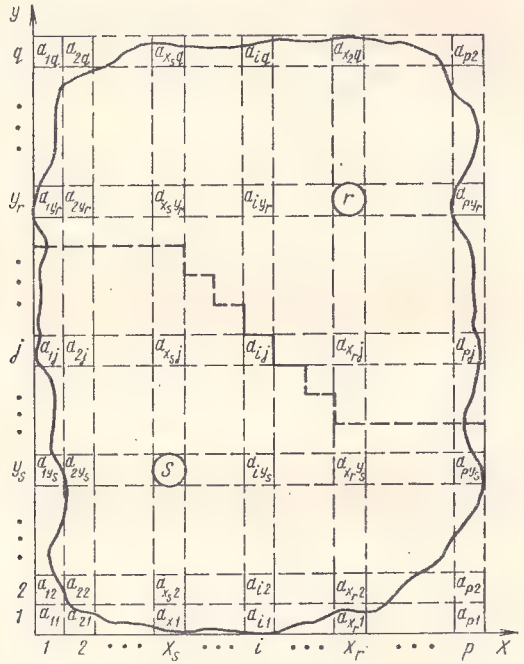


Рис. 8.7. Абонентская матрица

памяти ЭВМ, имеющейся в распоряжении проектировщика. Для крупных городов квадраты должны быть не более 500×500 м, чем они меньше, тем результаты расчетов будут точнее. Для территории каждого квадрата предварительными изысканиями должно быть определено количество телефонных аппаратов a_{ij} ($i=1, 2, ..., p$; $j=1, 2, ..., q$), предполагаемых к установке на данный проектный срок. Если ставится задача районирования с учетом динамики развития, то каждому квадрату должны соответствовать два или три значения числа ТА, ожидаемых на намеченные этапы развития сети.

Далее необходимо определить примерное число телефонных станций. Это можно сделать на основании предварительно рассчитанной наивыгоднейшей емкости телефонных станций, заменяя проектируемую сеть некоторой идеализированной моделью с равномерной усредненной плотностью. И. Рапп рекомендует для предварительного определения числа телефонных станций при одинаковой поверхностной плотности формулу

$$n = \left(\frac{c_{\text{АЛ}} LN}{4B}\right)^{2/3}, \tag{8.9}$$

где $c_{\text{АЛ}}$ — затраты на 1 км-пару кабеля, используемого для абонентских линий; L — длина стороны квадрата, площадь которого равновелика площади города $L=\sqrt{S}$; N — общее число ТА, намечаемых на проектный срок; B — постоянная часть стоимости станционного оборудования, не зависящая от емкости АТС.

Кроме основного варианта районирования, до начала расчетов на ЭВМ должны быть подготовлены по меньшей мере два-три варианта с числом станций n—1, n+1, может быть n+2 или n—2. Координаты всех станций, в том числе и существующих, вводятся в ЭВМ. Руководствуясь абонентской матрицей и намеченным числом станций, проектировщик намечает предварительное местоположение новых станций, выбирая районы наибольшего сосредоточения ТА.

Для определения оптимальных размеров телефонных районов в различных по плотности планировочных зонах города может оказаться полезным приводимое в работе И. Раппа соотношение

$$G = l_i \sqrt[3]{\sigma_i} = \text{const}. \tag{8.11}$$

Здесь l_i — длина стороны квадрата, площадь которого равновелика площади района, намеченного для данной АТС. Так, для значений оптимальной емкости декадно-шаговых АТС, рассчитанных на идеализированной модели сети в [19], это соотношение получилось равным — 4,8. Например, для σ=15 та/га указана оптимальная емкость станций $m_{\text{опт}}$=5700, что при равномерной плотности соответствует площади S=380 га. В результате получаем

$$G = l_i \sqrt[3]{\sigma_i} = \sqrt{3{,}8}\,\sqrt[3]{15} = 4{,}8$$

Для всех других значений $m_{\text{опт}}$, приведенных в [19], получается та же величина.

В ЭВМ должны быть введены следующие исходные данные:

координаты предполагаемого местоположения новых АТС — x_s, y_s (s=1, 2, ..., n);

координаты существующих станций — их положение в ходе расчетов не меняются;

стоимость 1 км-пары абонентского кабеля — $c_{\text{АЛ}}$;

стоимость 1 км-пары кабеля соединительных линий — $c_{\text{СЛ}}$;

величина удельной нагрузки — y;

упрощенная формула для расчета числа соединительных линий как функция нагрузки;

абонентская матрица для всей сети;

расчетный масштаб матрицы (удобнее всего за единицу длины принимать размер стороны квадрата матрицы);

координаты квадратов, в которых могут находиться точки пересечения трасс кабелей соединительных линий с границами телефонных районов для кратчайших путей СЛ между намеченными станциями.

Программа вычислений может быть реализована, например, по следующему алгоритму.

1. Определяются расстояния по ортогональным трассам прокладки кабеля от каждого из квадратов ij до каждой из намеченных на сети станций:

$$l_s(ij) = |x_s - i)| + |y_s - j|\,(s = 1,\ 2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, n;$$
$$i = 1,\ 2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, p;\ j = 1,\ 2\ \cdot\ \cdot\ \cdot q).$$

2. Элементы абонентской матрицы распределяются по станциям, причем в качестве критерия отнесения квадрата ij к одной из станций принимается минимальное из расстояний $l_s(ij)$ $(s = 1, 2, ..., n)$:

$$l_{ij}^{(s)} = \min_s l_s(ij).$$

Таким образом, множество A всех элементов матрицы $a_{ij} \in A$ делится на n непересекающихся подмножеств элементов:

$$a_{ij}^{(s)} \in A^s,\ \cdot\ \cdot\ \cdot,\ a_{ij}^{(r)} \in A^r,\ \cdot\ \cdot\ \cdot,\ a_{ij}^{(n)} \in A^n \quad (i = 1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, p;$$
$$j = 1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, q).$$

3. Суммируются намеченные на данный срок проектирования емкости элементов $a^{(s)}{}_{ij}$, подключаемых к данной станции. Получаем, таким образом, первоначальную емкость каждой станции:

$$m_s = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{q} a_{ij}^{(s)} \qquad (s = 1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, n).$$

4. Рассчитывается поступающая нагрузка на каждой станции:

$$Y_s = ym_s \quad (s = 1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, n).$$

5. Рассчитываются нагрузки по направлениям, например исходя из равенства коэффициентов тяготения (если нет других предположений):

$$Y_{sr} = Y_s \frac{m_r}{N_{\text{сети}}} \quad (s,\ r = 1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, n).$$

6. Для каждого направления рассчитывается число линий при заданных значениях потерь и доступности:

$$V_{sr} = \alpha Y_{sr} + \beta \quad (s,\ r = 1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot, n).$$

7. Для определения координат обобщенных телефонных центров с учетом СЛ рассчитывается эквивалентное число ТА тех гра-

ничных элементов матрицы, через которые намечено прохождение трасс кабелей СЛ:

$$a_{ij}^{(sr)} = \begin{cases} a_{ij}^{s} + V_{sr}\dfrac{c_{СЛ}}{c_{АЛ}}, & \text{если через граничный элемент } a_{ij}^{s} \\ & \text{проходит трасса СЛ;} \\ a_{ij}^{s} — & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$(i = 1,2, \ldots, p;\ j = 1,2, \ldots, q;\ s,\ r = 1,2, \ldots, n).$$

8. Находятся координаты x_{os}, y_{os} обобщенных телефонных центров телефонных районов, которые соответствуют точке, сумма расстояний от которой до всех ТА, в том числе и фиктивных ТА, которые вводятся в граничные элементы матрицы, минимальна. Необходимо иметь в виду, что некоторые из точек возможного местоположения новых телефонных центров могут быть запрещены, о чем должна иметься соответствующая информация в памяти машины.

$$L_{АЛ}^{(os)} = \min_{x_{os},\ y_{os}} \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{q} a_{ij}^{(sr)} (|x_{os} - i| + |y_{os} - j|);\ (s, r = 1,2 \ldots, n$$

9. Производится сравнение положения точек x_s, y_s и x_{os}, y_{os}. Если $\Delta x = |x_{os} - x_s|$ и $\Delta y = |y_{os} - y_s|$ меньше некоторой нормированной величины, то для данного телефонного района местоположение РАТС не меняется. В других случаях координаты станции изменяются и программа возвращается к п. 1 алгоритма, заново решая задачу для всей сети.

10. Если после очередного цикла расчетов ни в одном из телефонных районов не потребуется смещать ранее определенные местоположения станций, то такое размещение станций, распределение элементов матрицы по станциям и, следовательно, емкости станций и границы телефонных районов считаются окончательно установленными для выбранного первоначально числа станций.

11. Производится ряд технико-экономических расчетов для возможности последующей всесторонней оценки этого начального варианта. Характер этих расчетов и их точность могут заранее быть запрограммированы в зависимости от цели проектировщиков. Для текущего проектирования, очевидно, может потребоваться большое количество различных данных по рассмотренному варианту. В частности, ЭВМ может выдать:

местоположение районных АТС x_{os}, y_{os} $(s = 1, 2, \ldots, n)$;

перечень элементов матрицы $a^{(s)}{}_{ij}$, приписанных к каждой станции, и тем самым границы районов;

емкости станций m_s;

среднюю протяженность абонентских линий в каждом районе $l^{(s)}{}_{АЛ}$ и распределение длин в пределах каждого района;

протяженность межстанционных соединительных линий для каждой пары станций $L^{(sr)}{}_{СЛ}$;

стоимость сетей абонентских и соединительных линий $K_{АЛ}$, $K_{СЛ}$;

стоимость станционных сооружений $K_{ст}$.

Помимо этого, для начального варианта районирования возможно провести все расчеты и получить все данные для различных нагрузок, создаваемых на станциях. Возможно также учитывать структурный состав абонентов, указывая в каждом квадрате абонентской матрицы две категории абонентов, учитывать неравномерность коэффициентов тяготения между станциями и т. д.

Все это определяется, с одной стороны, желаемой степенью точности, с другой — наличием соответствующих исходных данных и возможностями имеющейся в распоряжении проектировщика ЭВМ.

12. Расчеты по пп. 1—11 производятся для других значений числа станций, которые представляются проектировщику целесообразными.

После получения результатов расчетов по всем вариантам производится тщательный технико-экономический анализ, взвешиваются все обстоятельства и факторы, которые не могли быть учтены либо не могли быть представлены в виде функциональных зависимостей или в виде количественных ограничений, и только после всестороннего обоснования принимается решение.

8.4. МЕЖСТАНЦИОННЫЕ СВЯЗИ

Общие положения

При рассмотрении проблемы районирования ГТС мы считали, что межстанционные связи осуществляются по полносвязной схеме, т. е. каждая из n районных АТС связана с каждой другой отдельными пучками односторонних соединительных линий. Общее число таких пучков $\rho = n(n-1)$. На ГТС относительно небольшой емкости (до 60—80 тыс. номеров) этот способ межстанционной связи по большинству технических и экономических показателей можно считать наилучшим (мы не говорим о каких-либо особых случаях). Затраты на сооружения межстанционной связи составляют на таких сетях 15—20% от общих затрат.

С увеличением размеров сети по емкости и по обслуживаемой территории величина затрат на межстанционные связи будет становиться все большей. С ростом числа станций число пучков СЛ увеличивается пропорционально квадрату числа станций, вследствие чего нагрузка на каждый пучок и использование СЛ уменьшаются. С ростом площади обслуживаемой территории увеличивается протяженность СЛ. Все это приводит к значительному повышению стоимости сооружений межстанционной связи.

На рис. 8.8 приведены результаты расчета потребности в кабелях СЛ, выраженной в километро-парах на 1000 абонентов ГТС, различных по емкости, величине обслуживаемой территории и числу станций. В этом расчете для всех ГТС приняты одинаковыми: поверхностная плотность ($\sigma = 50$ та/га), емкость станций ($m = 10\,000$), поступающая нагрузка ($Y = 500$ Эрл), доступность

(D)=10), потери (p=0,005). Предположено также, что площадь городской застройки составляет 0,5 от всей территории города и что город имеет прямоугольную планировку. Станции соединены во всех случаях по полносвязной схеме («каждая с каждой»).

Мы видим, что потребность в кабеле СЛ с ростом сети быстро увеличивается. Так, для ГТС с $n=5$ станциями, т. е. общей емкостью $N_{сети}=50\,000$ номеров, обслуживающей город площадью $S=N_{сети}/\sigma\cdot 0{,}5=2000$ га, потребуется на каждую тысячу абонентов 200 км-пар кабеля СЛ. На сети с $n=10$ ($S=4000$ га) — 330 км-пар, на сети с $n=40$, т. е. $N_{сети}=400\,000$ номеров и $S=16\,000$ га—830 км-пар. Это, естественно, приводит к значительному увеличению затрат на межстанционную связь, которые достигают на крупных сетях 40—50% от общей стоимости на сооружение ГТС в целом.

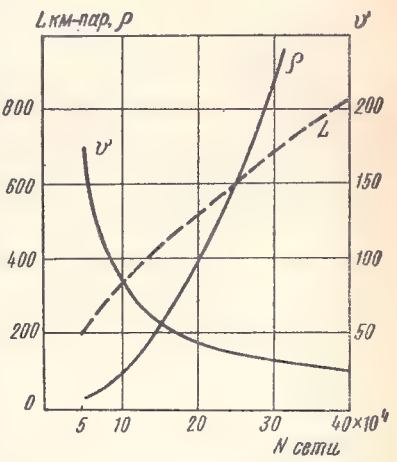


Рис. 8.8. Зависимость числа пучков СЛ (ρ), числа линий в пучке (V) и количества километро-пар СЛ (L) на 1000 абонентов

От способов построения сети соединительных линий зависят также качество передачи речи, качество установления соединений, надежность и живучесть сети в целом. Поэтому проблема оптимального построения сети СЛ является важнейшей проблемой, возникающей при проектировании городских телефонных сетей.

Следует указать, что различные решения, которые могут быть приняты в отношении структуры сети СЛ, по мнению большинства исследователей, только незначительно могут влиять на схему районирования. И поэтому, после того как схема районирования разработана, последующая оптимизация схемы межстанционной связи, как правило, не требует переработки схемы районирования.

Пропусканая способность пучков СЛ

Основная задача оптимизации межстанционной связи — это повышение пропускной способности пучков СЛ, которая характеризуется средним использованием линий $\eta=Y/V$. Оно зависит от многих факторов, главнейшими из которых являются: величина нагрузки, обслуживаемой пучком, число линий которого рассчитано по заданным потерям; доступность линий этого пучка; структура ступени искания (в частности, наличие внутренних блокировок). Во многих случаях приходится также учитывать влияние числа нагрузочных групп, передающих нагрузку на данный пучок линий.

Зависимость среднего использования линий от интенсивности нагрузки, поступающей на пучок этих линий, показана на рис. 8.9. Количество линий в пучке определялось при потерях $p=0{,}005$ по таблицам ЛОНИИС, полученным путем моделирования процесса обслуживания на ЭВМ. Кривая *1* характеризует использование линий в неполнодоступном неблокируемом пучке линий с доступностью $D=10$ при числе нагрузочных групп $g=50$ (это примерно

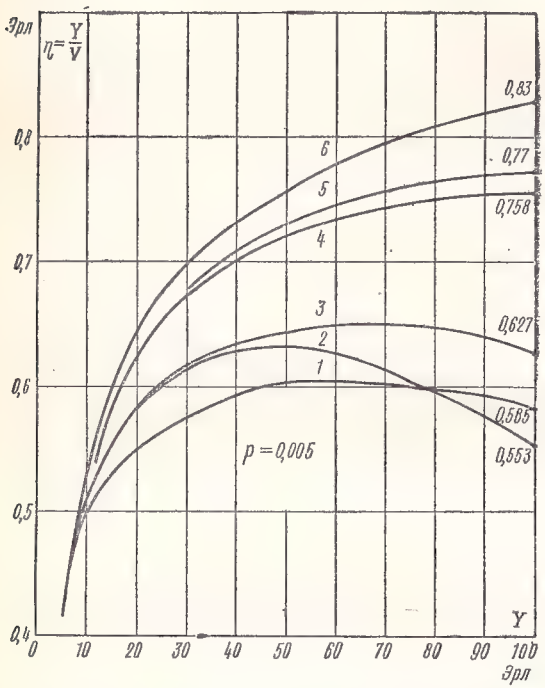


Рис. 8.9. Зависимости среднего использования линий от величины обслуживаемой нагрузки:

1 — в неблокируемом пучке при $D=10$, $g=50$; *2* — в блокируемом пучке (блок 80×120×400, нагрузка на вход $a=0{,}6$) при $D_{макс}=20$, $g=12$; *3* — то же, при $D=20$, $g=20$; *4* — то же, при $D=40$, $g=12$; *5* — то же, при $D=60$, $g=12$; *6* — в неблокируемом полнодоступном пучке

соответствует числу стативов *ІГИ* АТСДШ емкостью 10 000 номеров). Кривые *2—5* относятся к неполнодоступным блокируемым пучкам линий, включаемым к выходам блоков *ГИ* АТСК 80×120×400 с нагрузкой на вход, равной 0,6 Эрл при числе нагрузочных групп $g=12$ (кривая *2*) и $g=20$ (кривые *3, 4, 5*), при доступностях $D_{макс}=20$, 40, 60[1]. Кривая *6* представляет зависимость использования от нагрузки, поступающей на полнодоступный неблокируемый пучок.

Мы видим, что величина использования линий в различных пучках может быть существенно различной. Так, в неблокируемом пучке, обслуживающем нагрузку $Y=10$ Эрл с доступностью $D=10$ при потерях $p=0{,}005$, необходимо иметь $V=20$ линий, что

[1] В дальнейшем, указывая значения доступностей 20, 40, 60, будем подразумевать, что речь идет о максимальных доступностях, которые можно получить, используя блоки *ГИ* АТСК.

дает среднее использование линий, равное $\eta = Y/V = 10/20 = 0{,}5$. Для обслуживания одним полнодоступным пучком нагрузки 100 Эрл требуется при тех же потерях всего 120 линий, и их среднее использование составит $100/120 = 0{,}833$. А это значит, что если бы мы могли 10 отдельных пучков заменить одним полнодоступным пучком, то число линий, необходимых для обслуживания общей нагрузки 100 Эрл, уменьшилось бы в 1,66 раза.

Анализируя кривые рис. 8.9, можно прийти к следующим выводам. Увеличение нагрузки, обслуживаемой отдельным пучком линий, дает значительный прирост величины использования линий, главным образом, в области малых нагрузок. Так, увеличение нагрузки пучка линий с 10 до 30 Эрл (т. е. на 20 Эрл) дает прирост использования для пучков с $D = 10$ на 15% и для пучков с доступностью $D_{макс} = 40$ — на 32%. Дальнейший прирост нагрузки еще на 20 Эрл дает увеличение использования на 4,2% и 7% соответственно. Для всех пучков линий (за исключением полнодоступных) повышение их нагрузок (т. е. укрупнение пучков) выше 60—70 Эрл не дает заметного повышения использования. Что же касается пучков линий с небольшой доступностью ($D = 10$, $D = 20$), то здесь при нагрузках на один пучок порядка 60 Эрл начинает сказываться влияние числа нагрузочных групп, т. е. структуры неполнодоступного включения. Для пучков АТСК с доступностью $D = 20$ приведены две кривые — для числа нагрузочных групп (т. е. числа блоков *ГИ* 80×120×400) $g = 12$ и $g = 20$. В первом случае ($g = 12$ соответствует примерно числу стативов *ИГИ* АТСК емкостью 10 000 номеров), начиная с $Y = 55$—60 Эрл, использование снижается, достигая при $Y = 90$ даже более низких значений, чем в неблокируемых пучках с $D = 10$. Для доступности $D = 20$ при числе нагрузочных групп $g = 20$ влияние структуры неполнодоступного включения сказывается в значительно меньшей степени— незначительное снижение использования начинается с нагрузок порядка $Y = 90$ Эрл.

Более действенным способом увеличения использования соединительных линий является повышение доступности пучков линий. На ступенях *ГИ* в системе АТСК предусмотрена возможность выделения для направлений межстанционной связи одной, двух или трех групп выходов блоков *ГИ*, что позволяет образовать пучки СЛ с доступностью $D = 20$, 40, 60. Переход от доступности $D = 20$ к $D = 40$ позволяет существенно повысить использование линий. Так, при нагрузке 20 Эрл переход на доступность $D = 40$ повышает использование на 9%, при нагрузке 40 Эрл — на 15%. Далее эффективность повышения доступности становится еще большей. Здесь нужно подчеркнуть, что переход на еще более высокую градацию доступности, т. е. на $D = 60$, весьма мало влияет на повышение использования. Так, при нагрузке на пучок линий, включенных в выходы блоков 80×120×400, равной 40 Эрл, переход с $D = 40$ на 60 повышает использование только на 1,4%, при нагрузке 100 Эрл — на 1,5%, разница в числе линий — только на 2—3 линии.

Целесообразность применения на различных направлениях тех или иных величин доступностей определяется не числом сэкономленных линий, а их стоимостью и стоимостью того оборудования, которое жестко связывается с каждой соединительной линией. Так возникает задача оптимального распределения доступностей на ступенях группового искания координатных АТС.

Районированная телефонная сеть без узлов

Районированная телефонная сеть, в которой каждая АТС связана с каждой другой АТС сети отдельным пучком односторонних соединительных линий, имеет ряд преимуществ перед другими способами устройства межстанционных связей. Важнейшим из этих преимуществ является наличие в соединительных трактах межстанционной связи только одного участка кабельной соединительной линии. Это упрощает передачу управляющих и линейных сигналов, улучшает показатели надежности и живучести сети, упрощает обслуживание. Поэтому важно уточнить, при каких условиях целесообразно применять эту простейшую структуру и выяснять факторы, ограничивающие ее применение.

На сетях, оборудованных АТСДШ, как показывают многочисленные расчеты, применение полносвязной схемы в большинстве случаев экономически оправдано при емкости сети до 60—80 тыс. номеров. При такой емкости можно обойтись 5-значной нумерацией и минимальным числом ступеней *ГИ* в соединительном тракте. Нагрузки на пучки СЛ при емкости станций 8—10 тыс. номеров получаются достаточными для того, чтобы обеспечить нормальное или даже высокое для декадно-шаговых систем использование СЛ. При дальнейшем увеличении емкости ГТС необходимо независимо от того, как будет организована межстанционная связь, вводить в соединительные тракты еще одну ступень *ГИ*. Это обстоятельство позволит, как мы увидим в дальнейшем, улучшить структуру сети, полностью или частично отказавшись от полносвязной схемы. Таким образом, предельной емкостью ГТС, оборудованной АТСДШ, построенной по полносвязной схеме межстанционной связи, считают емкость 80 000 номеров.

На сетях с координатными АТС такая схема межстанционной связи оказывается по ряду причин целесообразной во многих случаях и при значительно бо́льшей общей емкости ГТС. Прежде всего, оптимальная емкость районных координатных АТС в широком диапазоне телефонных плотностей находится в пределах 15—25 тыс. номеров (см. рис. 8.6). Это значит, что большая часть РАТС на сети может иметь емкость 20 000 номеров. Межстанционная связь в этом случае может быть организована различным образом. Можно считать, что в здании каждой 20 000-й станции размещено оборудование двух отдельных РАТС емкостью по 10 000 номеров каждая и сеть межстанционной связи будет строиться так же, как если бы оборудование каждой 10 000-й группы размещалось в отдельном здании. Чтобы связать между

собой, например, четыре таких 10 000 станции, размещенных в двух зданиях, потребуется иметь 4·3=12 отдельных пучков СЛ, из них четыре пучка будут ограничиваться пределами обоих зданий (рис. 8.10*а*).

Если же две 10 000-е группы, установленные в одном здании, будут иметь общие исходящие и входящие пучки СЛ, то между двумя станциями емкостью 20 000 номеров потребуется иметь только два пучка СЛ (рис. 8.10*б*). Нагрузка, поступающая на

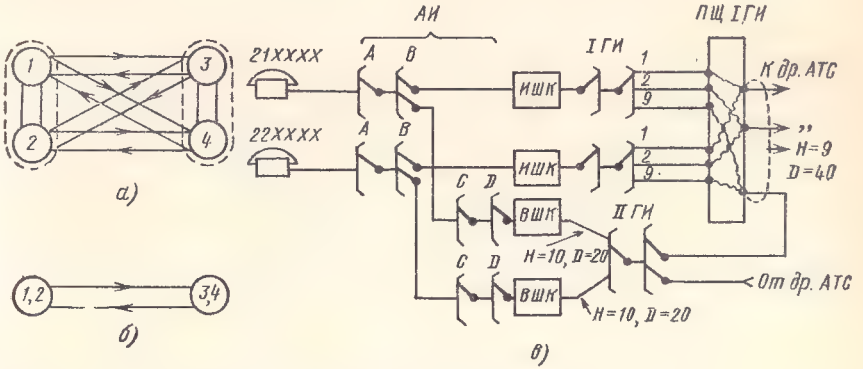


Рис. 8.10. Координатная АТС емкостью 20 000 номеров:
а) связь между отдельными десятитысячными группами; *б)* связь между двадцатитысячными группами; *в)* упрощенная функциональная схема АТСК на 20 000 номеров

каждый из этих пучков, будет в четыре раза больше, чем нагрузка между отдельными 10 000-ми группами. Кроме того, число направлений, которое необходимо образовать в поле *IГИ*, уменьшается при этом в два раза, что позволит увеличить доступность других пучков межстанционной связи. Эти обстоятельства позволяют получить максимально возможное использование СЛ. Однако нужно учитывать, что доступность внутристанционных линий, соединяющих выходы ступени *IIГИ* с входами блоков *CD* ступени *АИ*, снизится до $D=20$, что приведет к некоторому увеличению числа комплектов *ВШК* и входов блоков *CD* по сравнению с числом комплектов и входов на 10 000 станциях.

На рис. 8.10*а* приведена функциональная схема АТСК с двумя ступенями *ГИ* емкостью 20 000 номеров на полносвязной сети. Предельная емкость такой сети при использовании на межстанционной связи пучков линий с доступностью 40 составит 9·20 000=180 000 номеров. Разумеется, при этом не исключается возможность иметь на такой сети и станции емкостью 10 000 номеров.

Сделаем некоторые выводы. На ГТС, оборудованных координатными АТС, во многих случаях при емкости сети до 150—180 тыс. номеров может оказаться выгодным применять межстан-

ционную связь по схеме «каждая с каждой». Однако в каждом конкретном случае решение должно приниматься после тщательного технико-экономического анализа.

Сетевые узлы

Построение ГТС по полносвязной схеме, разумеется, не предполагает, что между каждой парой районных АТС прокладываются отдельные кабели СЛ по кратчайшим трассам. Выбор трасс прокладки кабеля на больших телефонных сетях представляет сложную задачу. Необходимо с учетом всех требований, предъявляемых к сети СЛ и всех местных условий, в частности, с учетом максимального использования уже существующих сооружений ГТС, найти оптимальное по затратам решение. При этом эффективным является образование сетевых узлов.

Сетевой узел — устройство, в котором различные пучки линий в телефонных кабелях, подводимых с разных направлений, могут быть перераспределены по другим кабелям, создавая тем самым возможность более полного использования стандартных емкостей телефонных кабелей и применения более крупных кабелей. В качестве примера приведен рис. 8.11*а*: АТС1 и 2 должны быть

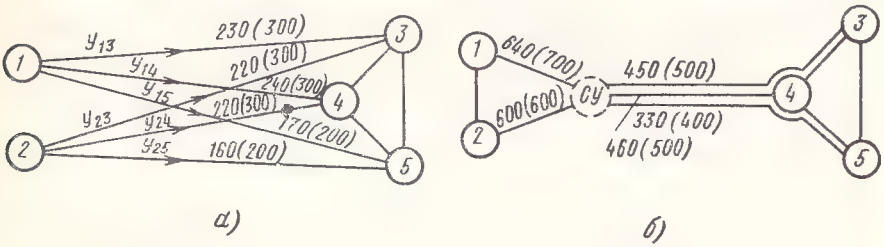


Рис. 8.11. Образование сетевого узла на ГТС:
а) сеть без сетевого узла; *б)* сеть с сетевым узлом

связаны с каждой из АТС3, 4, 5. Необходимое число соединительных линий между этими станциями указано на рисунке. По четырем направлениям потребуется проложить кабели 300×2 и по двум направлениям — кабель 200×2. Пусть расстояние между АТС1, 2 и АТС3, 4, 5 равно в среднем 8 км, тогда общее количество километро-пар кабеля составит 1600×8=12 800 км-пар.

Располагая устройства сетевого узла СУ между АТС1, 2 и АТС3, 4, 5 и объединяя на участках АТС1, 2 — СУ и СУ — АТС3, 4,5 линии различных пучков в более крупные кабели (рис. 8.11*б*), мы можем получить все необходимые пучки соединительных линий (с учетом некоторого удлинения линий к АТС3 и 5) при затрате 11 700 км-пар, и экономия по числу км-пар составит 8,6%[1].

[1] Приведенные в примере цифры выбраны произвольно, однако они отражают реально существующие ситуации.

Конструктивное укрупнение направлений (трасс) межстанционной связи может оказаться эффективным и по причине снижения затрат на 1 км-пару при использовании на сети бóльших по емкости кабелей. График рис. 8.12 иллюстрирует сказанное.

Обычно сетевые узлы организуются на главном щите переключений соединительных линий *ГЩП* попутных станций. В некоторых случаях на сетевых узлах осуществляют переход с физических СЛ на каналы частотного или временно́го уплотнения. В этом случае в зданиях районных АТС, являющихся одновременно и сетевыми узлами, выделяют помещения для оборудования систем передачи (линейно-аппаратный цех ЛАЦ) и для переходных устройств между физическими и уплотненными линиями. Сосредоточение аппаратуры уплотнения на сетевых узлах позволяет полнее использовать емкость систем передачи и значительно упростить эксплуатационное обслуживание этой аппаратуры.

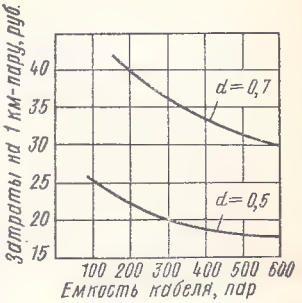


Рис. 8.12. Зависимость затрат на 1 км-пару от емкости кабеля

8.5. УЗЛООБРАЗОВАНИЕ НА ГТС

Принципы узлообразования

Расчеты показывают, что при большом числе районных АТС устройство межстанционной связи по принципу «каждая с каждой» приводит к чрезмерному повышению расхода кабеля и затрат на организацию межстанционной связи. Появляется необходимость такого построения межстанционной связи, которое позволило бы получить достаточно высокое использование СЛ при дальнейшем развитии сети и сооружении новых районных АТС. Одним из наиболее эффективных способов для этой цели является применение на ГТС коммутационных узлов. В простейшем случае *коммутационный узел КУ* представляет собой совокупность устройств, предназначенных для установления соединений между двумя группами РАТС (рис. 8.13). На *КУ* обычно устанавливается одна ступень группового искания. На входы этой ступени от n станций (мы обозначим их численными индексами 1, 2, ..., n) поступают нагрузки, которые в соответствии с передаваемой от абонентов этих станций информацией должны быть распределены по другим k станциям (обозначим их буквенными индексами a, b, ..., k). Обозначим нагрузку, которую требуется передавать от станции i к станции j, через y_{ij} (например, y_{1a}, y_{1b}, ..., y_{2k}), коммутационному узлу присвоим индекс L.

Нагрузка, поступающая на узел L по одному пучку соединительных линий от АТС1, очевидно, равна $Y_{1L}=y_{1a}+y_{1b}+...+y_{1k}=\sum_{j=a}^{k} y_{1j}$. Точно также $Y_{2L}=\sum_{j=a}^{k} y_{2j}$, ..., $Y_{nL}=\sum_{j=a}^{k} y_{nj}$.

Аналогично можно написать для нагрузок, исходящих от узла L,

$$Y_{La}=\sum_{i=1}^{n} y_{ia};\ Y_{Lb}=\sum_{i=1}^{n} y_{ib};\ \ldots\ Y_{Lk}=\sum_{i=1}^{n} y_{ik}.$$

Таким образом, все нагрузки, которые создаются абонентами станций $1, 2, ..., i, ..., n$ к абонентам станций a, b, j, k, т. е. всего

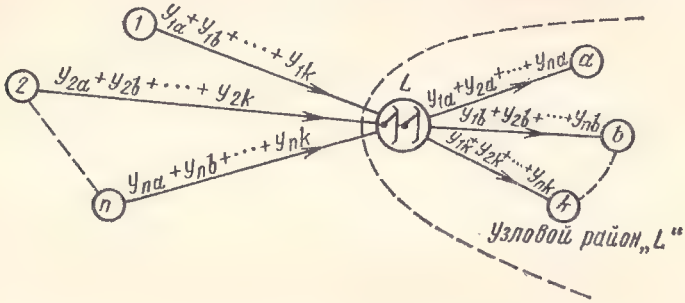


Рис. 8.13. Образование узла на сети межстанционной связи

nk отдельных нагрузок, и для передачи которых при полносвязной схеме потребовалось бы nk отдельных пучков СЛ, при наличии узла L будут передаваться только $n+k$ пучками линий.

В результате объединения k нагрузок в каждом из n входящих на узел пучков и n нагрузок в каждом из k исходящих от узла пучков использование соединительных линий будет существенно увеличено, что может дать значительное снижение потребности кабеля и затрат на сооружение межстанционной связи по сравнению с вариантом связи «каждая с каждой», несмотря на некоторое удлинение трасс кабелей соединительных линий.

Чтобы получить представление об эффективности введения на ГТС коммутационных узлов, рассмотрим простейший пример. Положим, что все nk нагрузок, проходящих через узел, одинаковы и равны y_{ij} и обслуживаются с одинаковыми потерями. Тогда число линий в каждом из nk отдельных пучков можно рассчитать по простейшей формуле $v=\alpha y_{ij}+\beta$. Всего для связи n станций с k станциями при полносвязной схеме потребуется $V=nk(\alpha y_{ij}+\beta)$ линий.

При введении коммутационного узла на каждый из n пучков, связывающих станции 1, 2, ..., i, ..., n с узлом L, будет поступать нагрузка, равная ky_{ij}, и число линий для ее обслуживания на участке iL будет $v_{iL}=\alpha k y_{ij}+\beta$. Всего для обслуживания nk нагрузок

потребуется n таких пучков и $V_{iL}=n(\alpha k y_{ij}+\beta)$. Следовательно, число линий на участках iL уменьшится на $V-V_{iL}=n(k-1)\beta$ (для упрощения мы будем считать, что в обеих схемах межстанционной связи доступность пучков СЛ одинакова). Если, например, положить, что $n=50$, $k=10$, $\beta=3{,}3$, то необходимое число линий для обслуживания нагрузки $Y=nky_{ij}$ уменьшится при введении узла на $\Delta V_{iL}=50\cdot 9\cdot 3{,}3=1485$.

Точно также для участка соединительного тракта от узла L до станций a, b, ..., j, ..., k получим $\Delta V_{Lj}=k(n-1)\beta=1617$. Следовательно, можно считать, что на всей трассе между исходящими станциями 1, 2, ..., i, ..., n и входящими a, b, ..., j, ..., k станциями число линий снижается на ≈ 1500 линий.

Если предположить, что каждая отдельная нагрузка y_{ij} равна 10 Эрл, что примерно соответствует телефонной сети с 50 станциями и нагрузкой, возникающей на каждой АТС-500 Эрл, то общее число соединительных линий при полносвязной схеме будет $V=nkv_{ij}=nk(\alpha y_{ij}+\beta)=50\cdot 10(1{,}7\cdot 10+3{,}3)=10\,500$. И, следовательно, при введении узла число линий уменьшится на 14%. Легко видеть, что при более высокой доступности снижение числа линий будет еще значительнее.

Разумеется, если бы введение в соединительные тракты новой ступени узловых *ГИ* было сопряжено только с необходимостью устройства узлов, то стоимость дополнительного коммутационного оборудования могла бы значительно уменьшить, а в некоторых случаях и свести на нет экономию на межстанционной связи. С этой точки зрения наилучшим решением было бы осуществление узлового построения сети по мере перехода на новую схему группообразования в связи с исчерпанием возможностей по дальнейшему развитию сети. Добавляемая при этом ступень *ГИ* может использоваться как ступень искания коммутационного узла.

Укажем некоторые дополнительные соображения в пользу структуры сети с узлами. Как мы видели, нагрузка пучков, входящих на узел, и нагрузка исходящих от узла пучков образуется суммированием отдельных нагрузок между каждой парой районных АТС. Такое суммирование правомерно при условии совпадения ЧНН на всех направлениях, объединяемых в один пучок. Однако вследствие разнородности состава абонентов районных АТС положения ЧНН отдельных нагрузок могут не совпадать. Поэтому для расчета числа линий в общих входящих и исходящих пучках необходимо знать полный «профиль» всех отдельных нагрузок (т. е. по дневным и вечерним часам). Это позволит определить суммарную нагрузку в общий для объединяемых нагрузок ЧНН. Во многих случаях оказывается, что суммарная нагрузка, определенная для общего ЧНН, существенно меньше суммы нагрузок, определенных по ЧНН отдельных направлений. Рассчитывая число линий в объединенных пучках от АТС к узлу и от узла к АТС с учетом неодновременности ЧНН, можно, очевидно, получить дополнительную экономию на числе СЛ.

Оценивая целесообразность введения коммутационных узлов, нужно иметь в виду, что коммутационный узел во всех случаях одновременно является и сетевым узлом, обеспечивающим повышение использования конструктивных мощностей кабелей СЛ, телефонной канализации, систем передачи.

Выбор местоположения коммутационных узлов на сетях связи подробно изучается в курсе «Теория сетей связи». Здесь мы приведем только некоторые соображения. Блоки *ГИ,* используемые в системе АТСК, позволяют образовывать ступени группового искания с неограниченным, по существу, числом входов и выходов. Однако число направлений, по которым можно распределить выходы, ограничено структурой блока. Оно не может быть в системе АТСК более 20, и, следовательно, в выходы ступени *ГИ* коммутационного узла можно включить не более 20 районных АТС, в то время как к входам *КУ* можно подключить любое число станций. Естественно поэтому подключать к выходам *КУ* районные АТС, обслуживающие смежные телефонные районы, которые вместе образуют территорию, объединяемую общим для них коммутационным узлом. Очевидно также и то, что станционные коды АТС, включенных в выходы одного *КУ,* должны отражать их принадлежность к одному *КУ,* т. е. в состав станционных кодов должен входить и код узла.

Теперь мы можем ввести новый термин *узловой район (УР)* — это часть территории ГТС, охватывающей несколько телефонных районов, объединенных одним коммутационным узлом, через который осуществляется входящая связь к АТС этих телефонных районов. Коммутационный узел, в котором осуществляется объединение входящих нагрузок к АТС одного *УР* и распределение их по направлениям к этим АТС, называют *узлом входящего сообщения* (УВС).

Сети с УВС

В настоящее время многие городские телефонные сети СССР построены с узлами входящего сообщения. На этих сетях связь между станциями, находящимися на территориях разных узловых районов, осуществляется через УВС, а внутриузловая связь может осуществляться либо по схеме «каждая с каждой», либо через свой УВС (для координатных АТС).

Число станций в узловом районе (т. е. предельная емкость *УР*) ограничивается числом направлений, которое можно получить на выходах ступени *ГИ,* устанавливаемой на УВС. Пока на сетях СССР применялась декадно-шаговая система АТС, емкость *УР* ограничивалась десятью станциями (группами) по 10 000 номеров, т. е. $N_{УР}=100\,000$ номеров. При использовании на УВС координатного оборудования, позволяющего получать до 20 направлений в блоках ступени *ГИ,* предельная емкость *УР* при емкости АТС 10 000 номеров может достичь 200 000 номеров.

В качестве примера на рис. 8.14 показан фрагмент структуры сети с УВС. Указанные на рисунке коды узловых районов и станций соответствуют 6-значной нумерации. Мы видим, что соединения между АТС, расположенными в двух различных *УР*, осуществляются через УВС. Для этого от каждой районной АТС про-

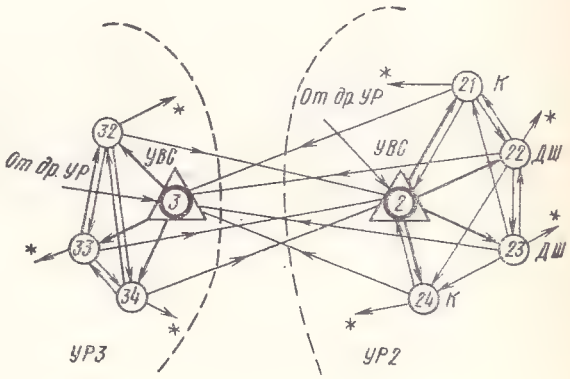


Рис. 8.14. Фрагмент структуры сети с УВС:

* — СЛ к УВС всех других узловых районов

кладываются соединительные линии к УВС другого узлового района (на схеме показаны только связи между АТС узловых районов 2 и 3). Соединения между АТС, расположенными в одном телефонном районе, т. е. внутриузловая связь может осуществляться либо по схеме «каждая с каждой», либо, для координатных станций, через УВС. В этом случае АТСК должны подключаться к УВС еще и пучком исходящих СЛ.

Из рис. 8.14 можно заключить, что в *УР2* имеются две шаговых АТС (коды 22 и 23) и две координатных АТС (коды 21 и 24). Соединения от АТСК 21 к АТСДШ 22 проходят по пучку «прямых» СЛ, а соединения к АТСДШ 23 и АТСК 24 — через УВС 2. Соединения от АТСДШ 23 ко всем станциям *УР2* проходят по пучкам прямых СЛ. К узлу УВС 2 подводятся входящие линии от всех АТС, расположенных в других *УР* сети (показаны только линии от АТС *УР3*), и, кроме того, линии от АТСК 21 и АТСК 24 своего *УР*. В выходы УВС 2 включены пучки СЛ к АТС 21, 22, 23, 24. Внутриузловые связи в *УР3* построены по принципу «каждая с каждой».

На рис. 8.15 приведена функциональная схема сети с УВС, на которой указаны оборудование УВС, а также часть оборудования АТСК 21 и АТСДШ 22, входящих в узловой район 2 телефонной сети. Сообщение, поступающее от всех координатных АТС других *УР* ко всем станциям *УР2*, обслуживается блоками *ПГИ* координатной системы установленных на УВС 2, причем на выходах к АТСДШ предусматриваются комплекты *ПКИ* с исходящими 4-значными регистрами *ИРД*. Сообщение, поступающее от всех шаговых АТС других *УР* сети ко всем станциям *УР2*, обслуживается

ступенью *IIГИ* декадно-шаговой системы, причем выходы к АТСК этого *УР* заканчиваются на входящей стороне комплектами *ПКВ* с входящими регистрами *ВРД*. Если в пределах данного *УР* нет ни одной шаговой АТС, то входящие линии от АТСДШ других

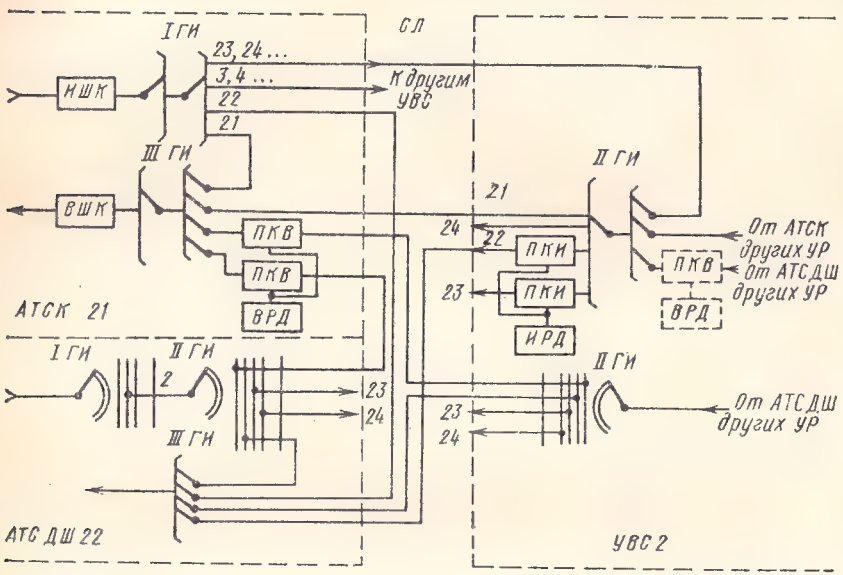


Рис. 8.15. Функциональная схема сети с УВС

УР должны подключаться на УВС к входам координатных блоков *IIГИ* через комплекты *ПКВ* с регистрами *ВРД*, которые в этом случае, естественно, должны быть 5-значными.

Внутриузловые связи на функциональной схеме рис. 8.15 соответствуют структурной схеме рис. 8.14. Внутриузловые соединительные линии от АТСДШ к АТСК оборудуются комплектами *ПКВ* и регистрами *ВРД*, которые, как правило, устанавливаются на стороне координатных АТС. Если АТСК оборудованы абонентскими регистрами (АРБ), обеспечивающими выдачу информации при связи с АТСДШ батарейным способом, то на линиях от АТСК к АТСДШ устанавливаются только необходимые комплекты реле соединительных линий *РСЛ* (на схеме они не показаны).

Вопрос об организации внутриузловой связи на сетях, оборудованных декадно-шаговыми АТС, решался однозначно — все АТС одного *УР* связывались по схеме «каждая с каждой». На сетях с координатными станциями можно представить множество вариантов организации внутриузловой связи, некоторые АТС могут быть связаны пучками «прямых» СЛ, некоторые — через свой УВС, и задача сводится к нахождению оптимального варианта.

Предельной емкостью ГТС при 6-значной нумерации телефонов считают емкость не более 500—600 тыс. номеров. Межстанционные связи таких сетей строятся с УВС. Более крупные по емкости и по величине обслуживаемой территории сети должны иметь либо смешанную 6—7-значную нумерацию, либо полную 7-значную нумерацию. Для установления соединений между АТС, расположенными в разных *УР*, помимо узлов входящего сообщения, устраивают также и коммутационные узлы исходящего сообщения. *Узлом исходящего сообщения* (УИС) называют коммутационный узел, в котором объединяются исходящие нагрузки станций одного узлового района и распределяются по направлениям к узлам входящего сообщения телефонной сети. Каждый УИС соединяется с каждым УВС одним пучком СЛ. Для выбора направления к требуемому УВС на УИС устанавливается ступень *ГИ*, получившая в практике проектирования индекс *ДГИ* — дополнительный *ГИ*.

На рис. 8.16 приведена структурная схема фрагмента сети при 7-значной нумерации с УИС и УВС. На схеме показаны два *УР* с

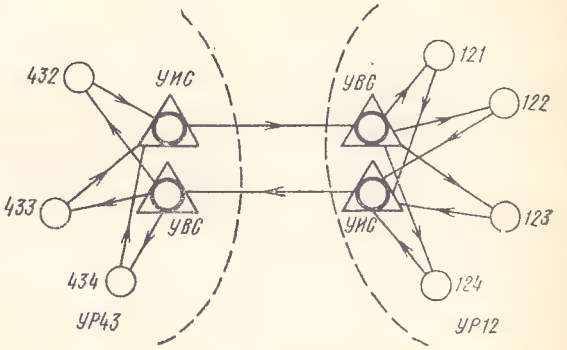


Рис. 8.16. Фрагмент структуры сети с УИС и УВС (внутриузловые связи и связи с другими *УР* не показаны)

кодами 12 и 43. В *УР12* имеются АТС с кодами 121, 122, 123 и 124, в *УР43* — АТС 432, 433, 434. На ступени *ДГИ* УИС происходит объединение нагрузок одного направления: нагрузки от трех АТС *УР43* к УВС 12 будут передаваться по одному пучку СЛ, точно также одним пучком будут переданы нагрузки от четырех АТС *УР12* к УВС 43. Мы видим, что для передачи нагрузок на участках связи между узловыми районами 12 и 43 потребуется только два пучка СЛ вместо семи пучков в схеме, где УИС отсутствуют (см. рис. 8.14, обратите внимание на коды станций и узлов).

Пучки СЛ от районных АТС до УИС укрупняются, т. е. в каждом пучке на этом участке соединительного тракта будут передаваться нагрузки ко всем УВС, которые будут подключены к вы-

ходам ступени *ДГИ* на *УИС*. При использовании на этой ступени стандартных блоков *ГИ* АТСК можно получить 10 или 20 направлений. Однако по целому ряду соображений на крупных сетях в нашей стране в выходы *ДГИ* включают, как правило, по 10 УВС. Таким образом, считая предельную емкостью УВС равной 10^5 номеров, мы получаем с выходов *ДГИ* одну миллионную группу. Вторая, третья и т. д. группы блоков *ДГИ* позволят подключить УВС второй, третьей и т. д. миллионных групп. Разумеется, выбор *ДГИ*, обслуживающих сообщение к разным миллионным группам, должен производиться на ступени *IIГИ*.

На рис. 8.17 приведена упрощенная функциональная схема межстанционных связей при наличии на сети УИС и УВС. На схе-

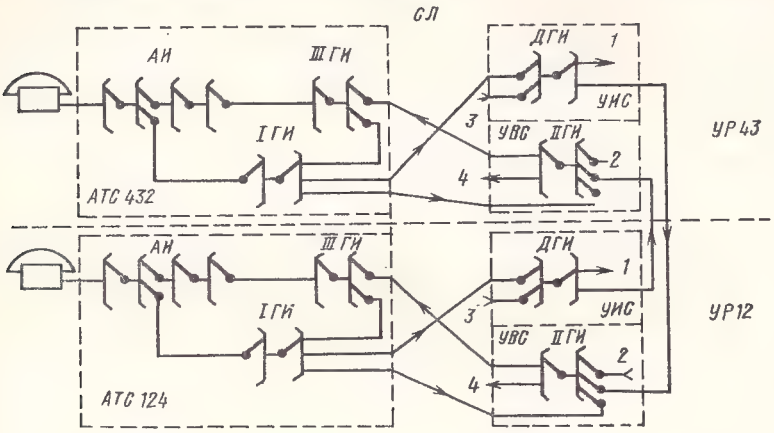


Рис. 8.17. Функциональная схема сети с УИС—УВС:
1 — линии к УВС других *УР*; *2* — линии от УИС других *УР*; *3* — линии от других АТС своего *УР*; *4* — линии к другим АТС своего *УР*

ме указаны две координатные АТС : 432 и 124, входящие в состав двух *УР43* и *УР12*, в каждом *УР* показаны ступени *ДГИ* (УИС) и ступень *IIГИ* (УВС), причем ступень *ДГИ* показана не разделенной на миллионные группы. Это значит, что к выходам ступени *ДГИ* подключены все УВС сети, за исключением своего УВС. Для упрощения схемы не показаны связи, которые должны быть образованы при наличии на сети декадно-шаговых АТС, а также внутриузловые связи. Схема рис. 8.17 особых пояснений не требует.

Из рассмотрения рис. 8.16 и 8.17 мы видим, что соединения между двумя станциями различных узловых районов проходят через два узла: «свой» УИС и «чужой» УВС, т. е. в соединительном тракте имеется три участка кабельных СЛ. Соединения внутри узлового района проходят либо через свой УВС, т. е. в соединительном тракте имеется два участка СЛ, либо по прямым соединительным линиям, связывающим две станции, и, следовательно, с одним участком кабельной линии в соединительном тракте. Однако на

сетях, оборудованных координатными АТС, и вообще на сетях с косвенным (регистровым) управлением соединения между АТС разных *УР* могут устанавливаться и по более коротким путям. Если между двумя станциями *i* и *j*, находящимися в разных *УР* (рис. 8.18), ожидается значительная нагрузка, то может оказаться выгодным соединить выходы *ИГИ* станции *i* с входами *ИИГИ* станции *j* напрямое, минуя УИС узла *K* и УВС узла *L*.

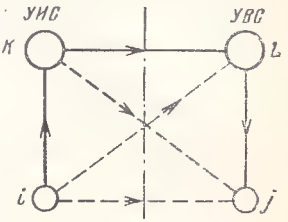


Рис. 8.18. Укороченные пути на сети с УИС—УВС

Если, например, узел *L* обслуживает центральную часть города и ожидается, что нагрузка к нему от АТС *i* будет достаточно велика, то может оказаться выгодным устанавливать соединения между станциями *i* и *j* по пути *iLj*. Не исключено и такое положение, когда к «своему» УИС выгодно будет подключать станции «чужого» *УР*. При разработке коммутационных систем следует предусматривать возможность установления всех видов соединений: *iKLj*, *iLj*, *iKj*, *ij*.

Узлообразование на сетях с различными системами АТС

В ходе развития техники автоматической коммутации складывается положение, когда на одной телефонной сети действуют АТС различных систем с различными способами передачи управляющих сигналов. Для возможности взаимосвязи таких систем применяют «промежуточное» оборудование, позволяющее перейти с одного способа передачи сигналов на другой. На телефонных сетях без узлов это оборудование устанавливается на АТС новой системы, имея в виду необходимость избежать производства монтажных работ на действующих АТС старой системы.

На телефонных сетях с узлами возникает вопрос о выборе типа узлового оборудования. Так, если на сети, имеющей декадно-шаговые УВС, появляются координатные станции, то УВС могут иметь либо только шаговое, либо только координатное, либо то и другое оборудование. Технико-экономический анализ показывает, что для уже существующих шаговых УВС наиболее выгодным является добавление к имеющемуся шаговому оборудованию координатного, т. е. образование «смешанного» узла. Тогда соединения между станциями сети, имеющей и декадно-шаговые и координатные АТС, могут проходить по трактам, указанным в табл. 8.1. Вопрос о способе связи АТСДШ с АТСДШ и АТСК с АТСК не возникает. В первом случае связь должна проходить через шаговое оборудование узла, во втором—через координатное, поскольку использование хотя бы и имеющегося в наличии шагового оборудования в соединительном тракте между двумя координатными станциями потребует двукратного изменения сигналов управления, что допускать не следует. В отношении связи АТСДШ с АТСК возможно и другое решение, нежели приведенное в варианте 2 табл. 8.1, а именно

Ш—К—К. И в том и другом случае мы будем иметь в одном соединительном тракте один переход на другой способ передачи сигналов. Выбор схемы зависит от наличия свободного шагового оборудования на УВС. Точно так же должна быть оценена целесообразность связи АТСК—АТСДШ по варианту 3. В узловом районе,

Таблица 8.1

СОСТАВ ТРАКТОВ МЕЖСТАНЦИОННОЙ СВЯЗИ

Варианты схем	Исходящая АТС	УВС	Входящая АТС
1	Ш	Ш	Ш
2	Ш	Ш	К
3	К	К	Ш
4	К	К	К

Примечание. Ш — шаговое оборудование, К — координатное.

не имеющем ни одной координатной АТС при условии наличия достаточного объема шагового оборудования УВС, вместо схемы К—К—Ш возможно принять схему К—Ш—Ш.

На сетях с УИС и УВС число возможных комбинаций из оборудования оконечных станций и узлов при наличии двух систем оборудования равно 16. При выборе той или иной схемы образования соединительных трактов необходимо избегать схем с более чем одним переходом с одного способа передачи сигналов на другой (например, таких, как Ш—К—К—Ш или Ш—К—Ш—К).

8.6. СВЯЗЬ ГТС С МЕЖДУГОРОДНЫМИ ТЕЛЕФОННЫМИ СТАНЦИЯМИ

Для осуществления междугородной телефонной связи городские РАТС соединяются с междугородными телефонными станциями соединительными линиями, назначение и способ включения которых зависят от типа междугородной станции. В настоящее время все более широкое применение получают автоматические междугородные телефонные станции (АМТС), поэтому мы рассмотрим здесь функциональные схемы связи АТС городской телефонной сети с АМТС и те требования к системам АТС и построению местных телефонных сетей, которые предъявляются специфическими особенностями междугородной телефонной связи.

Между АТС и АМТС требуется иметь два вида соединительнах линий: заказно-соединительные линии (исходящие) и соединительные линии (входящие).

Заказно-соединительные линии (ЗСЛ) предназначены для установления исходящих междугородных соединений через автоматическое коммутационное оборудование АМТС. Эти линии используются также для предварительных заказов на междугородные сое-

динения, которые осуществляются через полуавтоматическое коммутационное оборудование, имеющееся в составе АМТС. Прием заказов и установление междугородного соединения в этом случае производится телефонисткой. Заказно-соединительные линии на стороне АТС включены в выходы ступени *ІГИ*, где выделяется одно направление, получаемое набором индекса выхода на АМТС (цифра 8). Каждая ЗСЛ на исходящем конце (РАТС) оборудована релейным исходящим комплектом заказно-соединительной линии *ИКЗСЛ* (рис. 8.19*а*).

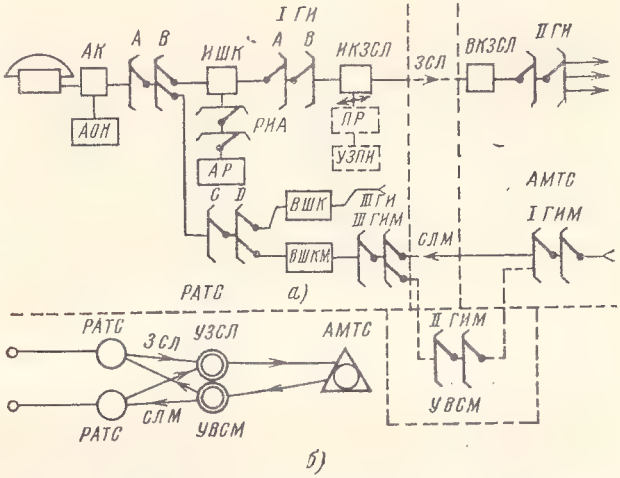


Рис. 8.19. Схемы связи РАТС с АМТС:
а) функциональная схема; *б)* структурная схема для больших ГТС

При установлении автоматического междугородного соединения вызывающий абонент должен передать на АМТС информацию о номере вызываемого абонента. В первоначально разработанных в нашей стране системах АМТС-2 и АМТС-3 для приема и фиксации междугородного номера вызываемого абонента предусмотрено подключение к *ИКЗСЛ* промежуточного регистра *ПР*, который должен, кроме того, принимать и фиксировать категорию и номер вызывающего абонента. Для этой цели на городских АТС устанавливается аппаратура автоматического определения категории и номера вызывающего абонента АОН. Информация из АОН передается в *ПР* через устройство запроса и приема информации *УЗПИ*, которое в нужные моменты времени подключается к *ПР*. В новых типах АМТС информация о номерах вызываемого и вызывающего абонентов передается непосредственно на АМТС, и установка *ПР* и *УЗПИ* на ГТС не требуется.

На крупных телефонных сетях пучки ЗСЛ нескольких РАТС, обслуживающих смежные телефонные районы (например, входящие в состав одного узлового района), могут конструктивно объе-

диняться на сетевом узле заказно-соединительных линий УЗСЛ (рис. 8.19б). Комплекты *ИКЗСЛ, ПР, УЗПИ* концентрируются в одном здании, и это позволяет относительно просто выполнить требования по затуханию соединительного тракта при междугородной телефонной связи. На участке РАТС—УЗСЛ исходящая связь организуется по физическим СЛ с использованием почти всего лимита на затухание между МТС и РАТС, т. е. 3,9 дБ. На УЗСЛ осуществляется переход на четырехпроводные каналы с использованием ВЧ систем передачи, и, поскольку весь соединительный тракт через АМТС делается четырехпроводным, затухание участка УЗСЛ — АМТС будет равно нулю. Объединение на УЗСЛ небольших групп ЗСЛ позволит лучше использовать конструктивные емкости систем передачи и емкости уплотняемых кабелей.

На узлах УЗСЛ может быть также установлена координатная ступень смешивающего искания *СИ,* назначение которой — повысить использование ЗСЛ. Для такой ступени могут быть использованы блоки 60×60×100 (90), построенные на МКС 20×10×6, которые при необходимости могут обеспечить четырехпроводной транзит. Этот блок может повысить использование ЗСЛ до значений, близких к использованию линий полнодоступного пучка. На входящем конце, т. е. на АМТС, ЗСЛ заканчиваются входящими комплектами *ВКЗСЛ,* жестко соединенными с входами следующей ступени искания *(ПГИ)*, в выходы которых подключены различные виды коммутационного оборудования АМТС.

Соединительные линии междугородной связи (СЛМ) предназначены для установления входящих междугородных соединений, а также и тех исходящих соединений, которые устанавливаются телефонистками АМТС по заказам абонентов. На стороне АМТС соединительные линии включаются в выходы ступени *ІГИ* междугородной связи *ІГИМ*, входы которых включены в коммутационное поле ступеней *МГИ* — междугородных групповых искателей АМТС.

На стороне городских АТС соединительные линии заканчиваются на входах ступени *ІІГИМ,* которые устанавливаются либо на районных АТС, либо на входящих узлах междугородной связи (УВСМ) в случае узлового построения ГТС. При входящей междугородной телефонной связи необходимо обеспечить выполнение приборами оконечных ступеней искания (*ЛИ* в АТСДШ и *АИ* в АТСК) некоторых дополнительных функций, связанных со спецификой АМТС, в том случае, если соединение устанавливается телефонисткой своего или другого города. Так, оконечные приборы должны различать междугородную и местную занятость вызываемого абонента. При получении сигнала местной занятости телефонистка должна иметь возможность предупредить абонента о поступившем междугородном вызове, кроме того, должны быть обеспечены возможность неоднократной посылки вызова в сторону вызываемого абонента и неоднократная передача сигнала отбоя от вызываемого абонента к междугородной станции.

Кроме указанных схемных требований к приборам, устанавли-

ющим входящее междугородное соединение, необходимо обеспечить более высокое качество установления соединений (меньшие потери), чем это допускается при местной связи.

Эти все обстоятельства требуют выделения отдельных групп соединительных трактов для междугородного сообщения. В декадно-шаговой системе выделяется отдельная группа приборов на всех ступенях искания: *ПГИМ, ПГИМ, ..., ЛИМ.* В координатной системе междугородный тракт заканчивается входами в звено *D* блока абонентского искания. К этим входам междугородный тракт подключается через приборы *ВШКМ,* в схеме которых реализуются указанные выше дополнительные требования.

8.7. СВЯЗЬ ГТС С УЧРЕЖДЕНЧЕСКИМИ ТЕЛЕФОННЫМИ СТАНЦИЯМИ И СПЕЦИАЛЬНЫМИ СЛУЖБАМИ

Внутренняя телефонная связь заводов, предприятий, учреждений обычно осуществляется при помощи учрежденческих телефонных сетей (УТС). Их емкость бывает обычно в пределах от 100 до 900 номеров, иногда и больше — до нескольких тысяч. Обслуживаются УТС чаще всего автоматическими телефонными станциями (УАТС, УПАТС). Абонентам УТС (всем или некоторой части) обычно предоставляется возможность исходящей и входящей связи с абонентами городской телефонной сети, на территории которой расположена данная УТС. Для этого УАТС и ближайшая городская районная АТС связываются соединительными линиями, которые могут быть двусторонними или односторонними. Если для обслуживания исходящего и входящего сообщений данной УАТС достаточно иметь пять-шесть линий, то соединительные линии делаются обычно двусторонними. Каждая из двусторонних линий может заниматься и со стороны УАТС при исходящем вызове и со стороны РАТС при входящем вызове. Если число СЛ должно быть более пяти-шести, то обычно делают два пучка линий: исходящие СЛ, по которым устанавливаются соединения от УАТС к РАТС, и входящие СЛ для соединений от РАТС к УАТС. Предусматривается также отдельный пучок линий для входящих междугородных вызовов от *ГИМ* на «опорной» РАТС к *ГИМ* или *ЛИМ* УАТС.

Рассмотрим некоторые элементы функциональных схем включения УТС в АТС координатной и декадно-шаговой систем.

Для установления исходящего соединения в поле ступени *ИГИ* УАТС выделяют одно направление (декаду), в выходы которого включены исходящие СЛ к опорной РАТС. Набрав «индекс выхода» (для этой цели рекомендуется цифра 9), абонент УАТС соединяется с одним из входов ступени *ИГИ* опорной РАТС, после чего, получив второй сигнал ответа станции, начинает набор номера требуемого ему городского абонента (рис. 8.20).

Абоненты УАТС, которым не предоставлено право выхода на ГТС, подключаются к той группе *ГИ,* в поле которых исходящие СЛ к опорной РАТС не включены.

Входящая связь от опорной РАТС к абонентам УАТС должна осуществляться полноавтоматическим способом. Абонентские линии УАТС, которым предоставлено право внешней связи, включаются в нумерацию опорной РАТС, для чего в нумерации РАТС

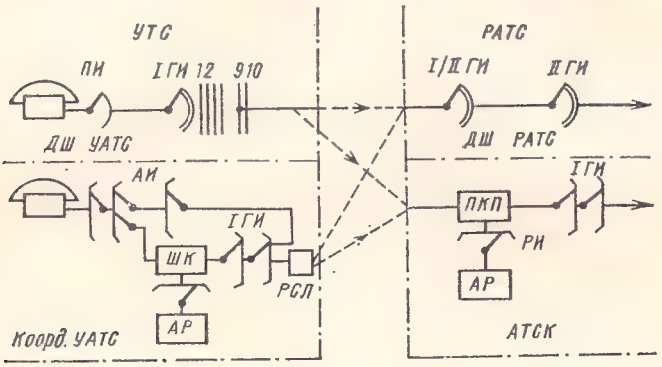


Рис. 8.20. Функциональные схемы исходящей связи от УТС к АТС

выделяется необходимое число сотенных или тысячных групп. Входящие СЛ включаются на опорной РАТС в выходы соответствующих декад (направлений) поля последней ступени *ГИ (ГИК)* (рис. 8.21).

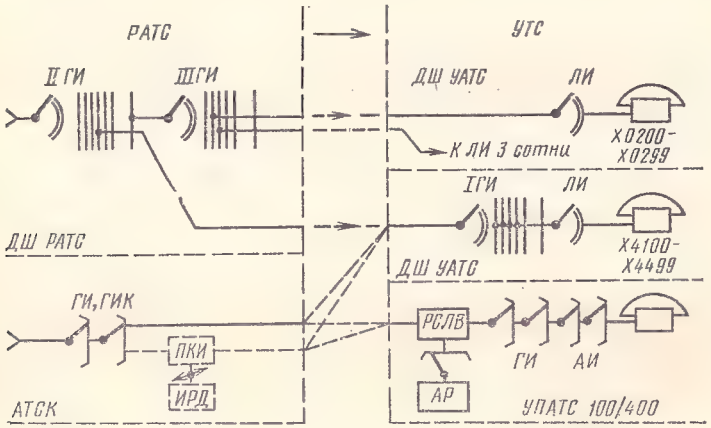


Рис. 8.21. Функциональные схемы входящей связи от РАТС к УАТС

Абоненты РАТС для вызова абонента УАТС должны набирать его полный (например, 5-значный) номер. При этом необходимо, чтобы три последние цифры этого номера совпадали бы с трех-

значным внутренним номером абонента УАТС. Например, если на УАТС емкостью 300 номеров с нумерацией 100—399 право связи с городом предоставлено абонентам 200—299 и 300—399, то в нумерации ГТС этим абонентам должны быть присвоены номера *с*х200—*с*х299 и *с*х300 — *с*х399, где *с* — код РАТС, в которую включена данная УАТС, х — номер тысячной группы этой РАТС, выделенной для нумерации абонентов УАТС. Если в эту тысячную группу должно быть включено несколько УАТС, то, очевидно, внутренняя нумерация абонентов УАТС, имеющих право выхода на ГТС, должна быть согласована с нумерацией выделяемых на РАТС сотенных групп.

Номер вызываемого абонента на УАТС передается батарейным способом. Если на районной АТСК установлены регистры *АР*, то на входящих СЛ к координатным и шаговым УАТС устанавливаются регистры *ИРД* (пунктир на рис. 8.21).

При наличии большого числа УАТС, сосредоточенных на относительно небольшой территории, иногда оказывается экономически выгодным не распределять УАТС по различным районным АТС, а выделять в нумерации ГТС десятитысячную группу, емкость которой распределить между УАТС. При этом образуется входящий узел УАТС, оборудование которого состоит из одной или двух ступеней группового искания.

На всех городских телефонных сетях предусматривается возможность включения линий, вызываемых сокращенным двузначным номером для связи абонентов ГТС с так называемыми специальными службами. Связь к спецслужбам проходит через две ступени *ГИ:* на ступени *ГИ* выбирается направление ко всем специальным службам; на следующей ступени (ее обозначают $ПГИ_{сп}$ или $ЛИ_{сп}$) выбирается одна из таких служб.

На районированных телефонных сетях нецелесообразно иметь линии от каждой районной АТС к каждой службе. Поэтому на одной из городских районных АТС (обычно на станции, которая была построена первой в этом городе) устраивают узел специальных служб (УСС), на котором устанавливают вторую ступень искания (рис. 8.22). Выходы этой ступени образуют единый пучок линий к каждой службе. Таким образом, от каждой РАТС к УСС имеется один пучок линий и от УСС к каждой службе — также по одному пучку линий. Соединительные линии к спецслужбам односторонего действия: связь устанавливается только от РАТС к спецслужбам.

На крупных ГТС образуют два-три УСС. В этом случае часть линий от каждой РАТС направляется на один УСС, часть — на другой. Выбор направления на тот или другой УСС происходит в случайном порядке.

В настоящее время ведутся работы по внедрению на ГТС различных дополнительных видов обслуживания (ДВО), предоставляемых абонентам ГТС. К их числу относится, например, введенная на многих телефонных сетях служба времени. На некоторых сетях СССР введена «служба погоды», передающая прогнозы по-

годы. Для таких служб (их называют часто службами сервиса), безусловно, целесообразно иметь сокращенную нумерацию. В ка-

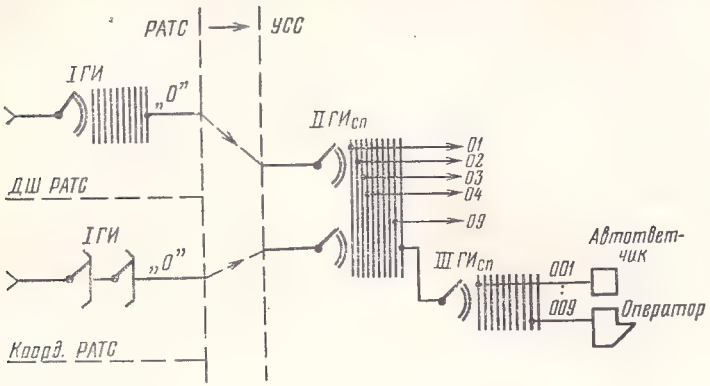


Рис. 8.22. Функциональная схема связи от РАТС к УСС

честве возможного решения следует указать на использование трехзначной нумерации 000—009, исключив, таким образом, двузначный код 00 из числа двузначных спецслужб.

8.8. ПОВЫШЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЙ

Абонентские линии представляют собой наиболее плохо используемую часть сооружений ГТС. Использование АЛ и индивидуального абонентского оборудования АТС весьма мало: менее 0,1 Эрл для абонентов квартирного сектора и 0,2 Эрл для абонентов народнохозяйственного сектора в ЧНН. Затраты же на сооружение сети АЛ составляют значительную часть общих затрат на сооружения ГТС (порядка 20—30%). Поэтому повышение использования линий абонентских сетей — важная народнохозяйственная задача в области развития телефонной связи. В настоящее время известны три, принципиально различные решения этой проблемы: спаренное включение телефонных аппаратов; включение АЛ через концентраторы; включение АЛ через телефонные подстанции.

При спаренном включении два телефонных аппарата, каждому из которых присвоен свой абонентский номер, подключаются к одной телефонной линии с помощью несложных диодных приставок, смонтированных в спаренных телефонных аппаратах. На АТС такие линии включаются через комплекты спаренных аппаратов *КСА* в выделенные блоки *АВ* ступени абонентского искания (рис. 8.23*а*). При разговоре по одному аппарату второй отключается от общей линии запертыми диодами. Целесообразность применения спаренного включения определяется «начальным» расстоянием $l_{нач}$ — тем наименьшим расстоянием от станции до

распределительной коробки, начиная с которого, применение спаренного включения становится целесообразным по величине капитальных затрат. Так, для схемы спаренного включения с диодным разделением цепей расчеты показывают, что $l_{нач}=0{,}5\div1$ км. В период 1965—1968 гг. на ГТС предусматривалось включение 25—30% квартирных телефонов по спаренной схеме, в настоящее время доля спаренного включения ниже.

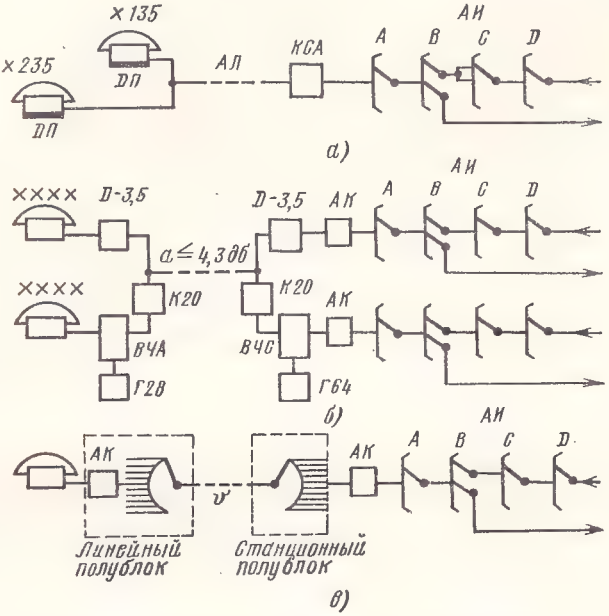


Рис. 8.23. Способы повышения использования абонентских линий:
а) система с диодным разделением цепей; *б)* система с частотным разделением; *в)* система с концентратором

В последнее время (с 1975 г.) на телефонных сетях СССР начато применение аппаратуры высокочастотного уплотнения абонентских линий (АВУ), рассчитанной для работы на кабельных линиях, затухание которых не превышает 4,3 дБ. Один канал — низкочастотный, выделяется с помощью двух фильтров *Д-3,5*; второй — высокочастотный, выделяемый фильтрами *К-20*, имеет в своем составе два блока — абонентский и станционный (рис. 8.23*б*). Передача от абонента к станции идет на частоте 28 кГц, а от станции к абоненту — на частоте 64 кГц. Электропитание абонентского комплекта — от сети переменного тока, резервное питание — от 8 сухих элементов.

Линейные концентраторы представляют собой устройства, с помощью которых группа телефонных аппаратов, располо-

женных поблизости друг от друга, например в одном доме, подключается к районной АТС относительно небольшим числом соединительных линий, положим, 50 ТА подключаются десятью двусторонними линиями. Использование этих СЛ будет достаточно высоким, а плохо используемые абонентские линии — от концентратора до ТА — окажутся совсем короткими. Число СЛ рассчитывается так, чтобы качество обслуживания было ненамного хуже, чем для абонентов, включенных непосредственно в АТС. Каждый ТА, включенный через концентратор, имеет свой абонентский номер.

Концентратор состоит из двух полублоков — линейного и станционного. Во входы линейного полублока подключаются n абонентских линий, выходы подключены к v СЛ. К выходам станционного полублока подключены n абонентских комплектов (рис. 8.23*в*). Начальное расстояние, с которого возможно эффективно применять концентраторы, значительно превышает средние длины АЛ большинства ГТС, и поэтому этот способ повышения использования АЛ на ГТС нашей страны распространения не получил. Бóльшие возможности в этом отношении имеются на сельских телефонных сетях, где небольшие группы абонентов иногда значительно удалены от своих АТС. Здесь, в частности, может найти достаточно широкое применение концентратор ГУ 10/3, рассчитанный на включение десяти абонентов и трех соединительных линий.

Наиболее эффективный способ повышения использования линий абонентской сети — это применение телефонных подстанций, например ПСК-1000. Они представляют собой часть оборудования районной АТС (блоки *AB* и *CD* одной тысячной группы), установленного в отдельном помещении, вблизи места сосредоточения абонентов. Подстанция соединяется со своей «опорной» АТС одним пучком исходящих и двумя пучками входящих СЛ (для местной и междугородной связи). Число СЛ определяется исходя из качества обслуживания, установленного для абонентов, линии которых включаются непосредственно в районную АТС. Нумерация абонентских линий подстанции входит в нумерацию опорной АТС.

Применение подстанций дает значительное снижение затрат на магистральных кабелях абонентской сети. Если, например, в микрорайоне, находящемся на расстоянии 3 км от опорной АТС, необходимо предусмотреть включение до 1000 ТА, то потребное для этого количество магистрального кабеля уменьшается при применении ПСК-1000 с 3000 до 600 км-пар, или на 80%, и затраты на линейные сооружения снизятся примерно на 40—45 тыс. руб. Надо, однако, иметь в виду, что стоимость оборудования подстанции ПСК-1000 выше стоимости соответствующей части оборудования районной АТС и поэтому целесообразность применения подстанций должна определяться в каждом отдельном случае. В частности, необходимо иметь в виду, что суммарное затухание соединительной линии от АТС до ПСК и абонентской линии от ПСК до ТА абонента не должно превышать нормы, установленной для затухания абонентских линий, — 4,3 дБ.

8.9. ГТС С ОБХОДНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Одним из способов повышения использования межстанционных СЛ и, следовательно, снижения общих затрат на сооружение ГТС является построение телефонной сети с обходными направлениями. Рассмотрим принципы построения такой сети на простейшем примере с тремя районными АТС1 , 2, 3, соединенными по схеме «каждая с каждой» (рис. 8.24*а*). Будем считать, что нагрузки, по-

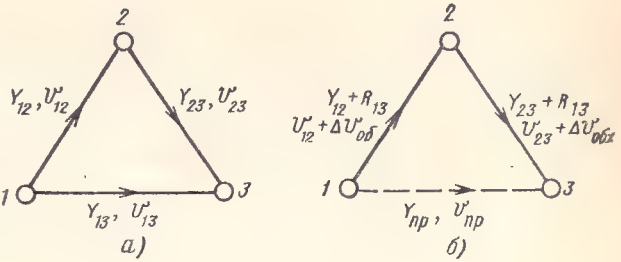


Рис. 8.24. Простейшая сеть с тремя АТС: *а*) без обходов; *б*) с обходным направлением

ступающие на пучки СЛ, создаются простейшими потоками вызовов, равными по величине, и обслуживаются с одинаковыми потерями. Предположим также, что коммутационное оборудование станций обеспечивает полнодоступное включение пучков СЛ. Число линий V_{13}, которое потребуется для обслуживания с потерями p нагрузки от АТС1 и АТС3, равной Y_{13}, при полнодоступном включении линий может быть определено из формулы потерь Эрланга: $p=E_{V\,пз}(Y_{13})$, где E — символ функции Эрланга. Если вместо требуемых V_{13} линий, мы будем иметь меньшее число линий, равное, например, $V_{пр}$, то потери на прямом направлении *1—3* увеличатся до значения $p_{пр}=E_{V пр}(Y_{13})$. Величина непропущенной «избыточной» нагрузки, очевидно, будет равна $R_{13}=Y_{13}p_{пр}=$ $=Y_{13}E_{V\,пр}(Y_{13})$.

Во всех современных коммутационных системах (и, в частности, в системе АТСК) предусматривается возможность передачи избыточной нагрузки по требуемому адресу в обход прямого пути через другие станции или узлы. В нашем примере нагрузка R_{13} может быть передана на АТС3 через АТС2 по обходному пути *1—2—3*. При этом на участке *1—2* нагрузка R_{13} может передаваться вместе с нагрузкой Y_{12} по одному пучку СЛ, а на участке *2—3* — вместе с нагрузкой Y_{23} (рис. 8.24*б*). Для этого в коммутационном поле ступени *ИГИ* АТС1 должна быть выделена одна группа выходов («обходное направление»), которую следует подключить в каждом блоке *ИГИ* параллельно к группе выходов, образующих пучок линий V_{12} от АТС1 к АТС2 (рис. 8.25)[1].

[1] Возможно и другое схемное решение для образования обходного пути.

Маркер ступени *ГИ* АТС1 после безуспешной попытки установить соединение с АТС3 по прямому пучку СЛ (все $V_{пр}$ линий заняты) передает вызов через группу выходов обходного направления на пучок СЛ к АТС2. Поскольку по этому пучку будет поступать основная нагрузка Y_{12} и избыточная нагрузка R_{13}, направляемые соответственно к АТС2 и АТС3, то необходимо, чтобы

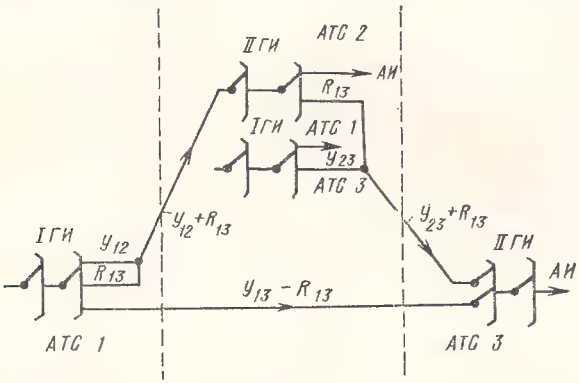


Рис. 8.25. Вариант организации обходного направления через АТС2

маркеры входящей ступени *ГИ* АТС2 *(IIГИ)* запрашивали бы из регистра АТС1 повторение первой цифры набранного номера. (В нашем примере будем считать, что нумерация абонентов 5-значная и АТСК построены по схеме с двумя ступенями *ГИ*).

Если маркер *IIГИ* АТС2 получит цифру 2, то он запрашивает вторую цифру и затем устанавливает соединение с блоками *АИ* своей АТС. При получении цифры 3 должно быть установлено соединение с АТС3, для чего в поле ступени *IIГИ* АТС2 должна быть выделена группа выходов, подключенная параллельно к группе выходов *IГИ* АТС2, образующих пучок СЛ V_{23}.

Для того чтобы пропустить по направлениям *1—2* и *2—3* дополнительную нагрузку и сохранить в норме потери по основным нагрузкам Y_{12} и Y_{23}, необходимо к требующимся для их обслуживания линиям V_{12} и V_{23} добавить некоторое число линий ΔV_{12} и ΔV_{23}. В нашем случае (равенство нагрузок по всем направлениям) можно написать $\Delta V_{12}=\Delta V_{23}=\Delta V_{обх}$. Это число дополнительных лений (обходных линий) в большинстве практически мыслимых случаев оказывается меньшим числа линий, которое «сэкономлено» на прямом пути, т. е. $\Delta V_{обх}<V_{13}-V_{пр}$. В то же время затраты на устройство одной обходной линии по пути *1—2—3*, т. е. на два участка СЛ и коммутационные устройства на АТС2 и АТС3, как правило, выше затрат на одну прямую линию *1—3*.

Обозначая стоимости одной линии, включая и то устройство, которым линия заканчивается, c_{13}, c_{12} и c_{23}, мы будем иметь $(c_{12}+c_{23})>c_{13}$, иначе говоря, $c_{обх}>c_{пр}$. Однако во многих случаях

может оказаться, что $c_{обх}\Delta V_{обх} < c_{пр}\Delta V_{пр}$. Здесь $\Delta V_{пр} = V_{13} - V_{пр}$. Очевидно, чем ближе соотношение стоимости прямой линии и стоимости обходной линии к единице (это отношение обозначают обычно буквой ε, т. е. $c_{13}/(c_{12}+c_{23}) = c_{пр}/c_{обх} = \varepsilon$), тем более выгодным по величине общих затрат может оказаться применение обходных направлений.

Приведем для пояснения изложенного небольшой пример. Пусть нагрузки в схеме рис. 8.24 $Y_{13} = Y_{12} = Y_{23} = 24$ Эрл. Считая пучки линий полнодоступными и приняв $p = 0{,}005$, получим по таблицам Башарина $V_{13} = V_{12} = V_{23} = 36$ линий. Отношение стоимостей прямого и обходного путей примем $\varepsilon = 0{,}5$. Оставим на прямом направлении *1—3* вместо требуемых 36 линий $V_{пр} = 28$ линий. В этом случае потери на прямом направлении $p_{пр} = E_{28}(24) = 0{,}067$ и избыточная нагрузка составит $R_{13} = Y_{13}p_{пр} = 24 \cdot 0{,}067 = 1{,}6$ Эрл. Таким образом, нагрузка в обходном направлении равна $Y_{12} + R_{13} = 24 + 1{,}6 = 25{,}6$.

Приняв как допущение (оно в нашем случае весьма близко к действительности), что добавление избыточной нагрузки с интенсивностью, равной $R_{13} = 1{,}6$ Эрл, не изменит существенно свойств простейшего потока Y_{12} с интенсивностью 24 Эрл, определим число линий для $p = 0{,}005$ и $Y_{12} = 25{,}6$ Эрл. Оно оказывается равным $V_{обх\,12} = 38$, и, следовательно, на участке *1—2* необходимо добавить $\Delta V_{обх} = V_{обх\,12} - V_{12} = 38 - 36 = 2$ СЛ.

Приняв стоимость прямого пути за единицу стоимости, т. е. $c_{13} = c_{пр} = 1$, получим $c_{12} + c_{13} = c_{обх} = 1/\varepsilon = 1/0{,}5 = 2$ единицы стоимости. Затраты на соединительные линии между АТС1 и АТС3 при наличии только прямых СЛ составят $K_{пр} = V_{13}c_{13} = 36 \cdot 1 = 36$ единиц стоимости, а при использовании обходного направления *1—2—3* — $K_{обх} = V_{пр}c_{13} + \Delta V_{обх}c_{обх} = 28 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 32$ единицы стоимости, т. е. экономия на стоимости обслуживания нагрузки $Y_{13} = 24$ Эрл при $\varepsilon = 0{,}5$ составит 11%.

Для того чтобы считать этот результат приемлемым, необходимо убедиться, что потери по нагрузке Y_{13} не превосходят установленных норм. Эти потери могут быть определены как отношение потерянной на обходном направлении нагрузки к поступающей нагрузке: $p = R_{обх}/Y_{13}$. Потери на каждом из участков *1—2* и *2—3* должны быть по условию не более $p = 0{,}005$, следовательно, нагрузка, потерянная на обходном направлении *1—2—3*, $R_{обх} = R_{13}(0{,}005 + 0{,}005) = 0{,}016$ Эрл и потери по нагрузке Y_{13} составят $p = \dfrac{0{,}016}{24} = 0{,}0006$, т. е. окажутся значительно ниже допустимого значения.

Наиболее существенным допущением в рассмотренном примере является предположение о характере суммарных потоков (нагрузок $Y_{12} + R_{13}$ и $Y_{23} + R_{13}$), поступающих на обходное направление. Мы предположили, что добавление избыточной нагрузки R_{13} не изменило существенно свойств простейшего потока Y_{12} (и Y_{23}) и поэтому число линий на направлениях *1—2* и *2—3* рассчитано исходя из формулы потерь Эрланга. На самом деле, суммарный

поток $Y_{12}+R_{13}$ (а также и $Y_{23}+R_{13}$) не является простейшим потоком, поскольку избыточная нагрузка R_{13} носит явно выраженный «пиковый» характер.

Из курса «Теория телетрафика» известно, что с точностью, достаточной для практических целей, потоки телефонной нагрузки можно представить двумя параметрами: величиной математического ожидания нагрузки M и величиной дисперсии нагрузки D. Для простейших потоков $M=D$, для избыточных потоков $D>M$. Отношение D/M характеризует степень отклонения избыточного потока от свойств, присущих простейшему потоку. Если на каком-либо участке соединительного тракта объединяются различные потоки, то математические ожидания нагрузок и их дисперсии складываются и общий поток характеризуется параметрами $M=\Sigma M_i$ и $D=\Sigma D_i$. Для определения величины дисперсии избыточных потоков может быть использована формула, предложенная Вилькинсоном для полнодоступного включения:

$$D = M(V)\left[1 - M(V) + \frac{Y}{V+1+M(V)-Y}\right], \qquad (8.11)$$

где Y — интенсивность простейшего потока, поступающего на прямое направление (в нашем примере это Y_{13}); V — число линий в прямом направлении (V_{13}); $M(V)$ — математическое ожидание интенсивности избыточной нагрузки при условии, что простейший поток Y обслуживается V линиями, т. е. $M(V)=YE_V(Y)$ (в нашем примере $M(V)=R_{13}=1{,}6$).

Рассчитаем величину D для рассмотренного выше примера:

$$D = 1{,}6\left[1 - 1{,}6 + \frac{24}{28+1+1{,}6-24}\right] = 4{,}8.$$

Таким образом, суммарный поток на обходном направлении *1—2—3* характеризуется параметрами:

$$M = 24 + 1{,}6 = 25{,}6 \text{ и } D = 24 + 4{,}8 = 28{,}8.$$

Рассчитывая число линий на обходном направлении одним из методов, учитывающих непростейший характер поступающего на обходное направление потока ($D/M=28{,}4/25{,}6=1{,}1$), мы получим для нашего примера практически то же число линий, которое было определено ранее: $V_{обх}=38$.

Исследование зависимости затрат от числа линий в прямом направлении показало, что при некотором значении $V_{пр}$, определяемом в основном предлагаемой нагрузкой и соотношением стоимости одной линии в прямом и обходном направлениях, общие затраты на устройство межстанционной связи от АТС1 к АТС3 становятся минимальными. Если $V_{пр}$ является таким числом линий, то добавление одной прямой линии и соответствующее этому некоторое уменьшение числа линий на обходе увеличат общие затраты либо оставят их неизменными.

Следовательно, условие оптимальности можно записать так:

$$K_{V_{пр}+1} - K_{V_{пр}} \geqslant 0. \qquad (8.12)$$

Здесь $K_{V_{пр}+1}$ и $K_{V_{пр}}$ — стоимости устройств межстанционной связи между АТС1 и АТС3 для обслуживания нагрузки Y_{13} при числе линий в прямом направлении $V_{пр}+1$ и $V_{пр}$. Имея в виду, что $K_{пр}=Y_{пр}c_{пр}+\Delta V_{обх}c_{обх}$, и положив, как ранее, $c_{пр}=1$, можем записать:

$$K_{V_{пр}}=V_{пр}+\Delta V_{обх}\frac{1}{\varepsilon};\quad K_{V_{пр}+1}=U_{пр}+1+\Delta V'_{обх}\frac{1}{\varepsilon}. \tag{8.13}$$

Здесь $\Delta V_{обх}$ и $\Delta V'_{обх}$ — дополнительное число линий, которое необходимо добавить на обходном направлении для пропуска избыточной нагрузки при числе прямых линий $Y_{пр}$ и $V_{пр}+1$.

Подставляя равенства (8.13) в (8.12), получим

$$\left(V_{пр}+1+\Delta V'_{обх}\frac{1}{\varepsilon}\right)-\left(V_{пр}+\Delta V_{обх}\frac{1}{\varepsilon}\right)\geqslant 0$$

или

$$\Delta V_{обх}-\Delta V'_{обх}\leqslant\varepsilon. \tag{8.14}$$

Это значит, что оптимальным числом линий в прямом направлении следует считать такое число линий, при увеличении которого на одну линию соответствующее уменьшение дополнительного числа линий на обходном направлении численно равно или меньше соотношения затрат на одну линию прямого обходного пути.

Рассмотренный простейший пример показывает, что использование возможностей установления соединений по обходным направлениям на городских телефонных сетях при некоторых условиях может дать заметное снижение затрат на устройство межстанционных СЛ. Расчеты, связанные с применением обходов для реальных сетей, имеющих в основном неполнодоступные блокируемые пучки СЛ, достаточно сложны, принимая во внимание, что потоки обходных направлений не являются простейшими. Для таких расчетов необходимо применение ЭВМ.

8.10. СЕЛЬСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ

Структура сельских телефонных сетей

Сельская телефонная сеть (СТС) представляет собой совокупность телефонных аппаратов, абонентских линий, межстанционных соединительных линий и автоматических телефонных станций, расположенных на территории сельского административного района. В состав СТС не входят расположенные в сельской местности телефонные сети выделенных городов областного подчинения, учрежденческо-производственные и ведомственные телефонные сети. Для понимания принципов построения СТС необходимо уяснить ряд специфических условий и особенностей организации сельской телефонной связи. На территории сельского административного района располагается значительное число мелких насе-

ленных пунктов. Вследствие больших расстояний между ними экономически не оправдано включение линий от телефонных аппаратов, расположенных в разных населенных пунктах, в одну АТС. Поэтому на СТС применяются, как правило, АТС малой емкости (до 200 номеров) и реже — средней емкости (до 2000 номеров).

Современные крупные сельские хозяйства объединяют обычно несколько населенных пунктов, в одном из которых располагается центральная усадьба совхоза или колхоза, а в других — отделения совхоза или бригады колхоза. Административное деление района строится с учетом структуры хозяйства. В соответствии с этим значительное телефонное тяготение имеют абоненты каждого населенного пункта между собой с абонентами населенных пунктов, входящих в одно хозяйство, а также с абонентами райцентра. Характер телефонного тяготения определил радиальный и радиально-узловой принципы построения СТС с центральной станцией (ЦС) в районном центре. Центральная станция является одновременно коммутационным узлом СТС и городской телефонной станцией райцентра. При радиальном принципе построения СТС (одноступенчатая схема) оконечные станции (ОС) включаются непосредственно в ЦС (рис. 8.26*а*).

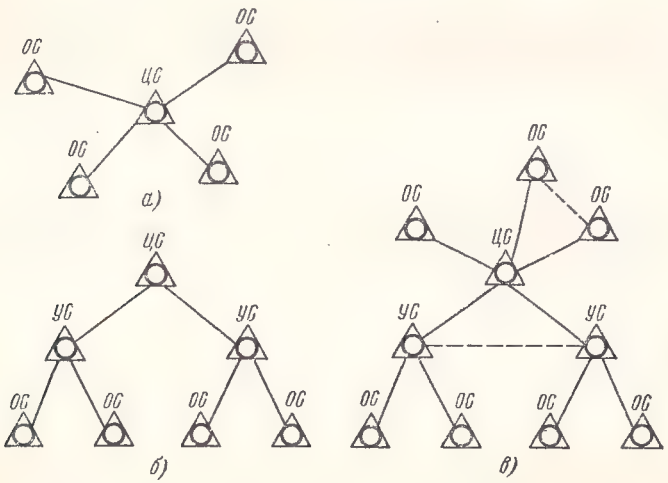


Рис. 8.26. Структура сельской телефонной сети:
а) одноступенное построение; *в)* двухступенное построение;
в) комбинированная схема СТС

При значительном удалении от ЦС нескольких ОС, обслуживающих абонентов населенных пунктов одного хозяйства, может оказаться экономически целесообразным на центральной усадьбе хозяйства иметь узловую станцию УС. При этом укрупняются пучки СЛ, включаемых в ЦС, а телефонная нагрузка между ОС од-

ного узлового района пропускается через УС по СЛ относительно небольшой протяженности. Такой принцип построения СТС называется радиально-узловым или двухступенчатым (ОС—УС—ЦС) (рис. 8.26*б*).

На существующих СТС наибольшее распространение получила одно—двухступенчатая схема, при которой удаленные от ЦС оконечные станции включаются в УС, а близлежащие ОС включаются непосредственно в ЦС. При значительном тяготении между ОС или между УС могут организовываться поперечные связи (рис. 8.26*в*).

Одноступенчатая схема построения СТС по сравнению с двухступенчатой схемой обеспечивает минимальное затухание разговорного тракта, упрощает станционное оборудование, ускоряет процесс установления соединений. Поэтому одноступенчатое построение СТС является наиболее перспективным.

Способы передачи линейных сигналов и сигналов управления на СТС

Линейные сигналы и сигналы управления на СТС передаются импульсами:

постоянного тока, с использованием декадного или полярно-числового кодов, по физическим СЛ без линейных трансформаторов;

индуктивными, по физическим СЛ, включенным через линейные трансформаторы;

переменного тока, по каналам, образованным аппаратурой высокочастотного уплотнения;

постоянного тока, с использованием ИКМ по каналам, образованным аппаратурой ИКМ.

Передача сигналов импульсами постоянного тока по физическим СЛ находит применение на СТС при связи АТС К-100/2000 между собой и с АТС декадно-шаговой системы.

Сигналы управления между АТС К-100/2000 передаются с использованием полярно-числового кода, а линейные сигналы — кодом, используемым в АТСДШ-54 и АТСДШ-47. При взаимодействии АТС К-100/2000 с декадно-шаговыми АТС также используется код АТСДШ-54 и АТСДШ-47.

Передача сигналов импульсами постоянного тока по физическим СЛ находит на СТС ограниченное применение, поскольку дальность передачи не превышает 10—14 км. Способ передачи сигналов по физическим СЛ индуктивными импульсами в настоящее время является основным на СТС. Этот способ обеспечивает совместную работу сельских АТС любых типов между собой, а также сельских АТС с городскими декадно-шаговыми АТС-47 и АТС-54 и координатными АТСК.

Передача сигналов импульсами переменного тока по каналам, образованным аппаратурой высокочастотного уплотнения (В-2-2, В-3-3С, ВО-3-4, КНК-6Т, КНК-12, КАМА), осуществляется по вы-

деленному сигнальному каналу. Сигнальная частота выбирается в диапазоне 3800—4000 Гц, например, в аппаратуре В-2-2 — 4000 Гц, КНК-6Т — 3850 Гц, КНК-12 — 3825 Гц.

В перспективе на СТС для передачи сигналов управления предполагается использовать частотный способ, который применяется в городских координатных АТСК.

Особенности применения сельских АТС

На СТС применяется большое число АТС малой емкости: 50—200 номеров. Важнейшим требованием к таким АТС является устойчивая их работа в условиях отсутствия обслуживающего персонала. С этой целью на сельских АТС предусматриваются автоматическое освобождение приборов (сбрасывание) при их слишком длительном занятии в процессе установления соединения, блокировка поврежденных абонентских линий, дистанционная сигнализация и дистанционная проверка оборудования.

Для повышения использования соединительных линий сельские АТС емкостью до 200 номеров рассчитаны на включение линий двустороннего действия, по которым осуществляется и местная, и междугородная связь. С этой же целью на СТС увеличена норма вероятности потерь при расчете числа СЛ до 0,01 (против 0,005 на ГТС). Для уменьшения непроизводительного занятия соединительных устройств предусматривается освобождение приборов после одностороннего отбоя. Приборы и соединительные линии на сельских АТС освобождаются при их занятии без набора номера, или если после набора номера вызов посылается в течение 40—60 с, а вызываемый абонент не отвечает. Приборы немедленно освобождаются также при наборе несуществующего номера, занятости линии вызываемого абонента или соединительных линий. При недостаточном количестве СЛ сельские АТС позволяют вводить ограничение права внешней связи для части абонентов. Для увеличения использования абонентских линий предусматривается спаренное включение телефонных аппаратов с обеспечением их взаимной связи.

В качестве сельских АТС емкостью до 200 номеров рекомендуется использовать координатные АТС К-50/200М; емкостью от 100 номеров до 3—4 тыс. номеров — координатные АТС К-100/2000; емкостью более 3—4 тыс. номеров — городские координатные АТСК.

Организация связи сельских и пригородных АТС с ГТС райцентра

В начале этого раздела были рассмотрены принципы построения СТС в предположении, что телефонная сеть райцентра нерайонирована. В этом случае сельские АТС включаются в ЦС райцентра. Однако во многих случаях административными райцентрами являются города с районированными телефонными сетями. В этих

условиях для связи сельских АТС с городскими АТС административного районного центра организуется сельско-пригородный узел (СПУ) (рис. 8.27), который выполняет функции «безномерной» ЦС.

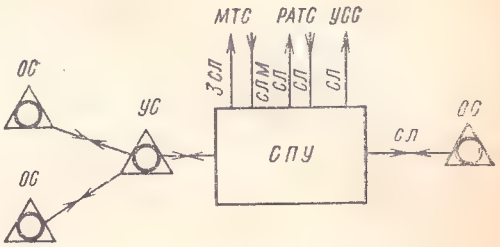


Рис. 8.27. Структурная схема связи СТС с ГТС через сельско-пригородный узел

Через СПУ осуществляются следующие соединения: между сельскими и городскими АТС; между ОС, включенными в разные УС, или между ОС, непосредственно включенными в СПУ; между сельскими АТС и МТС (АМТС); от сельских АТС к спецслужбам ГТС. Для осуществления четырехпроводных транзитных соединений СПУ рекомендуется строить на основе координатного оборудования типа АТС К-100/2000 или АТСК.

Оборудование типа АТС К-100/2000 используется в качестве СПУ в том случае, если суммарная емкость городской и сельской сети в перспективе не превышает 80 000 номеров. Один из вариантов функциональной схемы СПУ с применением оборудования АТС К-100/2000 приведен на рис. 8.28. В данном случае при меж-

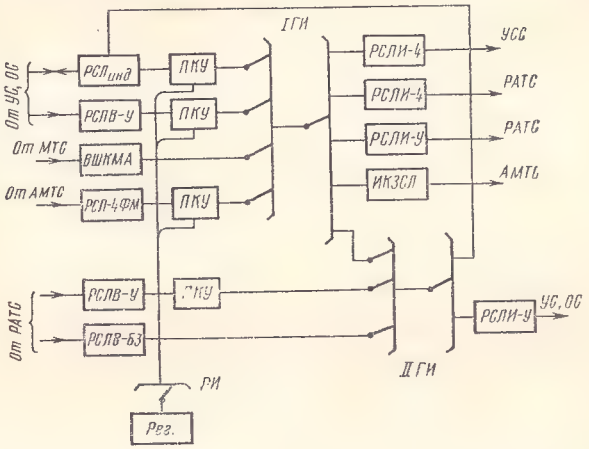


Рис. 8.28. Функциональная схема СПУ на оборудовании АТС К-100/2000

станционной связи на СТС и ГТС применяется единая 5-значная нумерация. Абоненты сельских АТС, оборудованных 5-значными регистрами, выходят на СПУ без набора индекса выхода, а або-

ненты сельских АТС других типов — с набором индекса выхода 0 без прослушивания зуммерного сигнала готовности из СПУ. Абоненты ГТС во всех случаях набирают 5-значные номера абонентов СТС без набора индекса выхода.

На таких СПУ применяются комплекты *РСЛ*, разработанные для АТС К-100/2000. Эти комплекты обеспечивают организацию четырехпроводного транзита с нулевым транзитным затуханием, учитывают требования, предъявляемые при автоматизации междугородной телефонной связи с использованием аппаратуры АОН, и позволяют устанавливать соединения со всеми типами городских и сельских АТС, со шнуровыми МТС и АМТС различных систем, применяемых в СССР.

При суммарной емкости СТС и ГТС райцентра более 80 000 номеров СПУ строится из блоков ступени *ГИ* и регистрового оборудования городской АТСК. Для СПУ выделяется стотысячная номерная группа за счет емкости ГТС. Пусть, например, на ГТС 6-значная нумерация. В этом случае абонент ГТС при связи с абонентом СТС набирает 6-значный номер. Абонент СТС при связи с абонентом ГТС или с абонентом другой сельской АТС, включенной через СПУ, набирает индекс выхода на СПУ — 0, прослушивает зуммер готовности и набирает 6-значный номер. Если на ГТС 7-значная нумерация, то сохраняется тот же принцип, но вместо 6-значного номера набирается 7-значный.

ГЛАВА 9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сооружение городских автоматических телефонных станций осуществляется по техническим проектам, в которых определяются состав и объем оборудования, устанавливаемого на проектируемой станции, число соединительных линий с другими районными и узловыми станциями, стоимость оборудования и монтажа станции, планируется размещение оборудования в здании станции.

Проектирование АТС должно вестись на основе данных, получаемых в результате изысканий по станционным и линейным сооружениям. Однако, многие исходные положения технического проекта АТС определяются заранее в «генеральной схеме» развития телефонной связи данного города. Такие схемы разрабатываются только для сравнительно больших районированных сетей и обычно охватывают 15—20-летний период развития ГТС.

В генеральной схеме решаются общие для всей сети вопросы, такие, как определение:

емкости ГТС по этапам ее развития в соответствии с нормами удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения в телефонной связи;

числа, емкости и местоположения районных телефонных станций, а также очередности их открытия;

наиболее экономичной схемы межстанционных связей для последовательных этапов развития сети, порядка и сроков введения узлового построения сети, введения нумерации бóльшей значности;

территорий узловых районов, их числа и емкости, очередности открытия, местоположения узловых станций;

способов обеспечения норм по затуханию при местной и междугородной связи;

требуемых капиталовложений по этапам развития сети.

Выбор схемы построения сети — один из наиболее важных вопросов. Определяющим фактором при этом является общая емкость телефонной сети города на данный период ее развития. На начальном этапе развития городских телефонных сетей с использованием АТС координатной системы можно ограничиться схемой, предусматривающей смешанное группообразование, при котором внутристанционные соединения устанавливаются через одну ступень *ГИ*, а межстанционные — через две (рис. 9.1*а*). Районные АТС связываются по принципу «каждая с каждой», нумерация абонентских линий — 5-значная. Если для всех направлений, включаемых в выходы ступени *ГГИ*, будет выделено по одной группе выходов (т. е. $D=20$) и каждая РАТС будет иметь емкость 10 000 номеров, то с учетом того, что две группы выходов должны быть предназначены для включения СЛ к АМТС и УСС и для нумерации этих направлений выделены индексы 8 и 0, предельная емкость ГТС составит при 5-значной нумерации 80 000 номеров.

Полное использование принятой на данном этапе развития номерной емкости сети, точно так же, как и емкости, которую можно получить при данной схеме группообразования, обычно никогда не практикуется. Считается, что переход на бóльшую значность нумерации и следующую по емкости схему группообразования целесообразно начинать при задействовании около 70% предельно возможной емкости по нумерации и группообразованию. И поэтому схему рис. 9.1*а*, как указано выше, применяют при емкости сети до 50—60 тыс. номеров. Дальнейшее развитие сети может быть осуществлено путем перехода на группообразование с двумя ступенями *ГИ* как для межстанционных, так и для внутристанционных соединений (рис. 9.1*б*).

В этом случае, если на всех возможных направлениях, включаемых в выходы ступени *ГГИ*, ограничиться доступностью $D=20$ и емкости всех РАТС оставить равными 10 000 номерам, то предельная емкость сети составит $18 \cdot 10\,000 = 180\,000$ номеров. Межстанционные связи осуществляются по принципу «каждая с каждой», нумерация абонентских линий — 6-значная (или 5—6-значная). Если окажется целесообразным увеличивать емкость районных АТС до 20 000 номеров (см. рис. 8.10), то емкость сети может быть и большей.

Следует отметить, что в том и в другом случае необходимо при разработке генеральной схемы рассматривать различные варианты построения телефонной сети с учетом конкретных условий данного города и определять оптимальные сроки перехода на схему

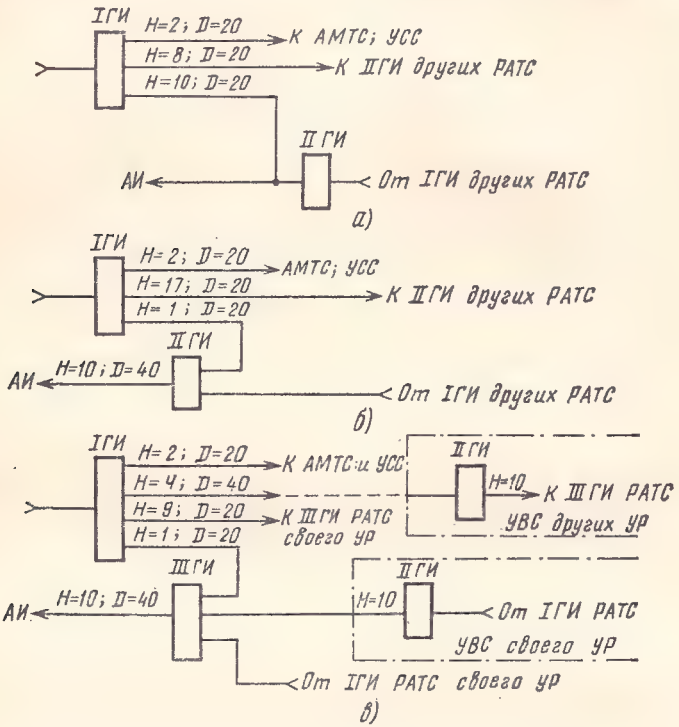


Рис. 9.1. Ступени *ГИ* АТСК на сетях различной емкости:
а) АТСК с одной-двумя ступенями *ГИ*; *б)* АТСК с двумя ступенями *ГИ*; *в)* АТСК с двумя-тремя ступенями *ГИ*

с двумя-тремя ступенями *ГИ* с одновременным введением узлов входящего сообщения УВС. В некоторых случаях это может оказаться целесообразным задолго до исчерпания возможностей развития сети с двумя ступенями *ГИ* и связи между РАТС по схеме «каждая с каждой».

На рис. 9.1*в* показана примерная схема со смешанным группообразованием на сети с УВС. Внутристанционные соединения и соединения с абонентами РАТС своего *УР* проходят через две ступени *ГИ*, соединения с абонентами других *УР* — через три ступени *ГИ*. При показанном на этой схеме числе УВС и РАТС и распределении доступностей будут использованы все группы выходов коммутационного поля всех трех ступеней *ГИ* и общая емкость ГТС составит $4 \cdot 10 \cdot 10\,000 + 10 \cdot 10\,000 = 500\,000$ номеров.

Как показано ранее (см. рис. 8.15), внутриузловая связь со всеми или только с некоторыми станциями своего *УР* может быть ор-

ганизована через свой УВС. Для дальнейшего развития сети, построенной по схеме рис. 9.1*в*, можно высвободить несколько групп выходов, используемых для «прямых» направлений к РАТС своего *УР*, организовав связь с ними через свой УВС, что позволит образовать на сети новые УВС.

Предельной емкостью ГТС с узлами входящего сообщения и 6-значной нумерацией принято считать емкость порядка 500—600 тыс. номеров. Легко видеть, что если все внутриузловые связи организовать через свой УВС, оставив одно направление поля *ПГИ* с $D=40$ для внутристанционной связи, и присвоить всем направлениям к УВС (в том числе и к своему УВС) доступность $D=40$, то предельная емкость сети составит 800 000 номеров.

Разумеется, при переходе на некоторых направлениях к доступности D=20 и введения 7-значной (или смешанной 6—7-значной) нумерации общая емкость сети при трех ступенях *ГИ* может быть значительно увеличена. В практике проектирования, однако, принято, что при достижении на данной сети емкости 500—600 тыс. номеров дальнейшее развитие ведется по схеме с двумя узлами путем организации в узловых районах узлов исходящего сообщения УИС. На рис. 9.2 приведено сопоставление числа ступеней *ГИ*,

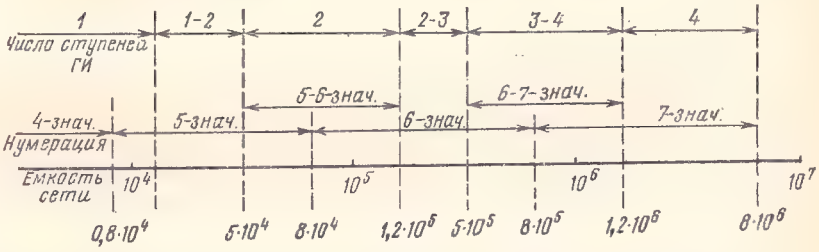


Рис. 9.2. Сопоставление числа ступеней *ГИ*, значности нумерации и емкости сетей ГТС

значности нумерации и принятых в практике проектирования емкостей сетей ГТС при использовании оборудования типа АТСК (АТСК-У).

Таким образом, при разработке технического проекта станционных сооружений новой районной АТС в городе, для которого разработана генеральная схема развития, не требуется решать задачу выбора числа ступеней *ГИ* на проектируемой станции, значности нумерации, типа коммутационной системы, структуры сети. Все остальные исходные данные, необходимые для разработки технического проекта, должны быть определены в результате изысканий, проводимых на месте будущего строительства. Так должны быть установлены или уточнены:

начальная и конечная емкость АТС и структурный состав абонентов, число, тип и емкость подстанций, число таксофонов, число,

тип и емкость УТС, для которых проектируемая АТС является опорной;

существующая структура сети — число станций, узловых районов и узлов, распределение станций по *УР*, емкости станций, способы организации внутриузловой связи;

структурный состав абонентов действующих станций, величины возникающих потоков, распределение направлений в поле *ГИ*;

данные для расчета поступающей нагрузки: средние значения числа вызовов, длительности разговоров по категориям абонентов для дневного и вечернего ЧНН;

данные для расчетов потоков межстанционного сообщения — матрица межстанционных потоков всех станций, действующих на сети, данные о динамике изменений потоков за предыдущие периоды развития сети;

данные для расчетов оборудования междугородной связи — число каналов по каждой из систем междугородной связи, нагрузки на ЗСЛ и СЛМ действующих станций.

При невозможности получения данных, необходимых для расчета поступающей нагрузки и ее распределения, можно пользоваться «Нормами технологического проектирования», разработанными Государственным институтом по изысканиям и проектированию сооружений связи «Гипросвязь».

9.2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АТСК

Последовательность разработки

Разработка технического проекта станционных сооружений АТСК начинается с составления функциональной схемы станции. Функциональная схема представляет собой чертеж, на котором условными обозначениями показаны коммутационные и управляющие устройства и их функциональные связи, указываются все виды линий, подводимых к проектируемой станции, и те устройства, к которым эти линии подключаются.

На основе функциональной схемы разрабатывается схема распределения нагрузок, рассчитывается число линий, приборов, блоков. На последующих этапах проектирования функциональная схема дополняется и уточняется в соответствии с результатами расчетов, в частности, на ней проставляется количество линий, приборов, блоков.

Порядок разработки функциональной схемы рассмотрим на примере АТСК-У, проектируемой на сети с УВС в соответствии со схемой группообразования (рис. 9.1*в*). Емкости проектируемой и действующих станций примем равными 10 000 номерам, нумерацию абонентских линий — 6-значной. Как показано на рис. 8.15, внутристанционные соединения на такой сети устанавливаются через две ступени *ГИ*, внутриузловые — либо напрямое через две ступени *ГИ*, либо через «свой» УВС, т. е. через три ступени *ГИ*.

Соединения с АТС других узловых районов — через три ступени *ГИ*.

При условии, когда схема группообразования на данной ГТС определена в генеральной схеме, главная задача разработки функциональной схемы — нахождение наиболее экономичного распределения групп выходов (доступностей) на ступени *ИГИ*. Это необходимо при любых схемах группообразования и в некоторых случаях не только на ступени *ИГИ*, но и на других ступенях группового искания.

На сети с УВС (а также на сетях с УИС и УВС) необходимо также выбрать оптимальную схему внутриузловой связи, определив станции, соединение с которыми осуществляется через свой УВС, и станции, соединения с которыми должны проходить по «прямым» пучкам СЛ.

После решения этих основных вопросов определяются способы включения исходящих и входящих СЛ УТС, способы включения таксофонов и рассматриваются некоторые другие вопросы. На сетях с УИС решаются проблемы, связанные с формированием направлений от проектируемой станции к узлам исходящего сообщения.

Распределение доступностей по направлениям

Сущность распределения доступностей можно сформулировать следующим образом. Пусть имеется Q групп выходов, которые требуется распределить между n направлениями таким образом, чтобы суммарная стоимость соединительных линий $K=\sum_{i=1}^{n} v_i c_i$ была минимальная при условии $\Sigma q_i = Q$. Здесь q_i — число групп выходов поля блоков *ИГИ*, предоставляемое i-му направлению (для блоков *ГИ* 80×120×400 $q=1, 2, 3$ соответственно доступности $D=20, 40, 60$); v_i — число линий, определенное для доступности D_i; c_i — стоимость одной линии в i-м направлении, включая стоимость кабеля, комплектов *РСЛ* и оконечного коммутационного устройства (входа) последующей ступени искания.

Для многих практических расчетов можно ограничиться распределением доступностей только по двум градациям $D=20$ и $D=40$, поскольку применение доступности $D=60$ дает лишь незначительное увеличение среднего использования линий.

Пусть нагрузка, поступающая на направления $1, 2, \ldots, i, \ldots, n$, равны $y_1, y_2, \ldots, y_i, \ldots, y_n$; затраты на одну линию равны $c_1, c_2, \ldots, c_i, \ldots, c_n$. Прежде всего установим, сколько направлений из общего числа направлений n можно включить с доступностью $D=40$. Если n_1 — число направлений с доступностью $D=20$ $(q=1)$ и n_2 — число направлений с доступностью $D=40$ $(q=2)$, то, очевидно, $n_1+n_2=n$ и $n_1+2n_2=Q$; отсюда $n_2=Q-n$. Задача сводится к выбору таких n_2 направлений из общего числа n направлений, при которых суммарные затраты будут минимальными. Для этого:

определяют число линий для каждого из n направлений при доступности $D=20$ — $v_{i(20)}$ и при доступности $D=40$ — $v_{i(40)}$;

рассчитывают стоимости пучков линий по всем направлениям при $D=20$ и $D=40$: $K_{i(20)}=v_{i(20)}c_i$, $K_{i(40)}=v_{i(40)}c_i$;

определяют разности $\Delta K_i=K_{i(20)}-K_{i(40)}$;

из ряда ΔK_1, ΔK_2, ..., ΔK_i, ΔK_n выбирают n_2 наибольших значений и соответствующим направлениям присваивают доступность 40.

Задача оптимального распределения доступностей в общем виде, когда имеется возможность иметь m градаций доступности, решается с помощью ЭВМ. В этом случае требуется минимизировать общие затраты на СЛ по всем n направлениям, имея в виду, что число линий на любом из направлений может принимать m различных значений соответственно m градациям доступности $D_1<D_2\ldots<D_j\ldots<D_m$. Алгоритм нахождения оптимального по капитальным затратам распределения доступности разработан с учетом того, что зависимость числа линий от доступности при фиксированных значениях нагрузки и потерь является монотонно убывающей функцией. Предполагается также, что

$$D_{j+1}-D_j=\Delta D=\text{const}\ (j=1,2,\ \cdot\ \cdot\ \cdot,m).$$

Алгоритм представляет собой направленный перебор допустимых решений. Вместе с исходными данными в ЭВМ вводится некоторое предварительное возможное распределение групп выходов (доступностей) по направлениям *1, 2, 3, ..., k, ..., n*, при этом, например, направлению *1* была присвоена доступность $D_{1,j}$, а направлению k — доступность $D_{k,j}$. Это предварительное распределение улучшается путем последовательных приближений следующим образом.

1. Выбирается из направлений *1, 2, 3, ..., k, ..., n* направление, которому при начальном распределении была присвоена доступность D_j, бо́льшая чем D_1. Пусть это будет 1-е направление, т. е. $D_{1,j}$. На этом направлении доступность уменьшается на ΔD. Для новой доступности 1-го направления $D_{1,(j-1)}$ рассчитываются дополнительные затраты на устройство СЛ в этом направлении $K_{1,(j-1)}-K_{1,j}$, обусловленные уменьшением доступности с $D_{1,j}$ до $D_{1(j-1)}$.

2. Среди остальных направлений (*2, 3, ..., k, ..., n*) выбирается направление, которому первоначально присвоена доступность, меньшая, чем D_m. Пусть это будет k-е направление, т. е. $D_{k,j}<D_m$. Доступность $D_{k,j}$ увеличивается на ΔD, т. е. до значения $D_{k(j+1)}$, и рассчитывается величина снижения затрат на k-м направлении $K_{k,j}-K_{k,(j+1)}$, обусловленная увеличением доступности.

3. Дополнительные затраты на 1-м направлении сравниваются со снижением затрат на k-м направлении. Если

$$K_{1,(j-1)}-K_{1,j}<K_{k,j}-K_{k,(j+1)}, \qquad (9.1)$$

то начальное распределение улучшается: направлению *1* присваивается доступность $D_{1(j-1)}$, а направлению k — доступность $D_{k,(j+1)}$.

Если неравенство (9.1) не имеет места, то вычисления продолжаются, начиная с п. 2: рассчитывается величина экономии, получаемой при увеличении доступности на ΔD на других направлениях, где первоначально была предположена доступность, меньшая, чем максимально возможная D_m. Эти вычисления продолжаются до тех пор, пока не будет удовлетворено неравенство (9.1) либо пока не будут перебраны все направления *2, 3*, ..., m с доступностью, меньшей D_m. В этом втором случае на направлении *1* оставляется доступность, намеченная при предварительном распределении $D_{1,j}$, и из дальнейших вычислений это направление исключается.

4. Вычисления, аналогичные вычислениям пп. 1—3, выполняются, уменьшая доступности на величину ΔD последовательно на 2, 3, ..., n направлениях, не исключая и тех направлений, для которых в предшествующих циклах расчетов было принято решение о целесообразности увеличения их доступности.

После полного перебора всех направлений мы получаем такое распределение доступностей, при котором любое возможное изменение доступностей при сохранении постоянного числа распределяемых групп выходов поля *ГИ* и числа направлений увеличивает суммарные затраты на СЛ по направлениям, включаемым в выходы ступени *ГИ*. Результаты оптимизации не зависят от начального распределения доступностей.

Схема алгоритма, поясняющая сказанное, приведена на рис. 9.3. Этот алгоритм многократно используется в программах оптимизации структуры сетей межстанционных связей ГТС, построенных на АТС координатной системы.

Оптимизация структуры внутриузловой связи

Вторая задача, возникающая при разработке функциональной схемы АТСК на сети с УВС, — это нахождение оптимальной по капитальным затратам схемы внутриузловой связи. Пусть в узловом районе на ГТС с узлами входящего сообщения проектируется несколько новых АТС координатной системы. Для всех проектируемых и существующих АТС известны:

число направлений межстанционной связи, которое необходимо образовать в коммутационном поле ступени *ИГИ*;

число групп выходов, которые можно использовать для образования этих направлений;

интенсивности всех исходящих потоков телефонной нагрузки;

стоимости линий по каждому направлению и стоимости транзитного оборудования УВС и оконечного оборудования *(ИИГИ)* на каждую входящую линию.

Необходимо выбрать такую схему связи проектируемых станций между собой и с действующими в этом *УР* станциями, чтобы суммарные затраты на новые межстанционные СЛ по всем направлениям — внутриузловым и межузловым — были бы минимальными. Примем, как очевидное, допущение, что выбор способа

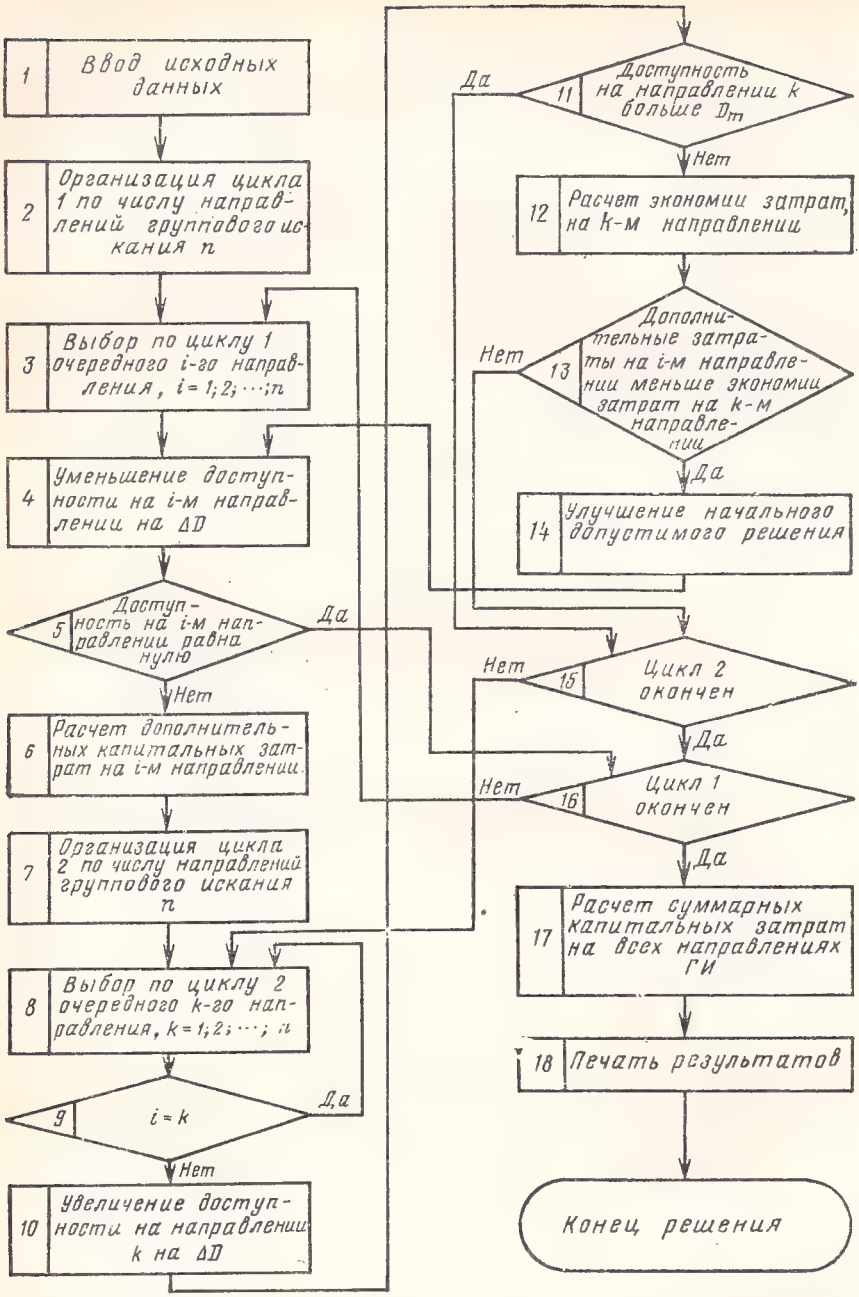


Рис. 9.3. Схема алгоритма оптимального распределения доступностей на ступенях *ГИ*.

связи каждой отдельной станции со всеми остальными станциями своего *УР* не зависит друг от друга. Следовательно, задача оптимизации может решаться для каждой отдельной АТС независимо от того, как она решается для других АТС этого *УР*.

Алгоритм оптимизации внутриузловой связи предусматривает следующую последовательность расчетов.

1. В качестве исходного варианта принимается вариант с организацией связи проектируемой АТС$_i$ со всеми остальными станциями 1, 2, ..., k через УВС (рис. 9.4), для чего в поле ступени

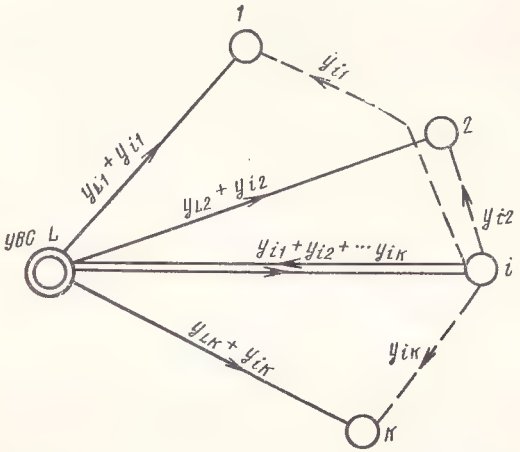


Рис 9.4. К оптимизации схемы внутриузловой связи

ІГИ выделяется одна группа выходов $D=20$ для включения пучка СЛ к «своему» УВС. Производится оптимальное распределение оставшихся групп выходов и вычисляются суммарные затраты по всем направлениям СЛ, включенным в поле *ІГИ* АТС$_i$, $K_{\text{I ги}}$. Далее производится оптимальное распределение емкости поля ступени *ІІГИ* УВС и рассчитываются суммарные затраты по всем направлениям СЛ, включенным в выходы УВС, $K_{\text{II ги}}$. Суммарные затраты составят $K_0=K_{\text{I ги}}+K_{\text{II ги}}$.

2. Исходный вариант, при котором все внутриузловые связи от АТС$_i$ осуществляются через УВС, изменяется путем введения прямого направления от АТС*i* к АТС1. Так как число направлений СЛ, включаемых в поле *ІГИ* АТС*i* увеличилось на одно, заново перераспределяются группы выходов поля *ІГИ*, затем рассчитываются затраты на всех направлениях, включаемых в поле *ІГИ* АТС*i* и в поле *ІІГИ* УВС, и рассчитывается новая стоимость K_1. Вычисляется разность $\Delta_1=K_0-K_1$. Если эта разность положительна, то ее значение и код прямого направления запоминаются.

3. Исходный вариант изменяется введением прямого направления между АТСi и АТС2. Таким же образом вычисляются суммарные затраты K_2, определяется разность $\Delta_2 = K_0 - K_2$. Аналогично перебираются все возможные другие направления от АТСi к АТС3, АТС4, ..., АТСk и вычисляются разности Δ_3, Δ_4, ..., Δ_k. Положительные значения разностей и соответствующие им коды станций запоминаются.

4. Положительные разности Δ_1, ..., Δ_k располагаются в порядке убывания их значений. Направление, которому соответствует наибольшая положительная разность, вводится как прямое независимо от результатов всех последующих вычислений.

5. Полученный в п. 4 вариант принимается за новый исходный вариант. Рассматривается второе прямое направление, соответствующее следующей по величине положительной разности, и проверяется экономическая целесообразность его введения. Если вновь рассчитанная разность положительна, то данное направление вводится в схему внутриузловой связи как прямое независимо от результатов последующих расчетов и полученный вариант принимается как новый исходный вариант.

Расчеты по п. 5 повторяются до тех пор, пока вновь полученное значение очередной разности не станет отрицательным или пока будут введены все прямые направления, соответствующие положительным разностям. Суммарные затраты, полученные по окончании расчетов по п. 5 при доступности от АТСi к УВС — $D = 20$, обозначив K_{20}, запоминаются.

6. Вычисления по п. 1—5 повторяются для значений доступности на направлении АТСi — УВС $D = 40$ и $D = 60$. Определяются соответствующие суммарные затраты K_{40} и K_{60}.

7. Производится расчет суммарных затрат для варианта соединения АТСi со всеми АТС своего *УР* пучками прямых СЛ $K_{пр}$ (т. е. при доступности от АТСi к УВС, равной нулю).

8. Сравниваются значения затрат K_{20}, K_{40}, K_{60}, $K_{пр}$. Вариант с минимальными затратами принимается как оптимальный для АТСi.

9. Расчеты по пп. 1—8 повторяются для всех проектируемых координатных АТС в данном узловом районе, после чего вычисляются затраты по оптимальной схеме внутриузловой связи для этого *УР*.

Программа, составленная по описанному выше алгоритму для ЭВМ «Минск-22», позволяет выполнить все расчеты для одного *УР* (число станций $k = 10$) примерно за 20 мин. Принимая то или иное решение по результатам расчета, проектировщик должен учитывать не только стоимостные характеристики вариантов, но и целый ряд других факторов, таких, как возможности использования существующих сооружений сети, условия последующего развития сети, степень заполнения конструктивных емкостей кабелей, реальные условия организации строительных работ и т. п.

Некоторые дополнительные вопросы

На большинстве ГТС до настоящего времени действуют декадно шаговые АТС типа АТС-47 и АТС-54, и при разработке функциональной схемы необходимо решить вопросы связи их с проектируемой АТСК. Связь от АТСК к АТСДШ может быть обеспечена либо путем установки на АТСК абонентских регистров *АРБ*, которые могут передавать адресную информацию искателям АТСДШ батарейными импульсами, либо путем установки на СЛ к АТСДШ релейных комплектов *ПКИ*, к которым подключаются исходящие регистры *ИРД*. Эти регистры принимают от абонентских регистров *АР* адресную информацию многочастотным способом и выдают ее в сторону АТСДШ батарейными импульсами.

Выбор того или другого способа связи определяется в основном соотношением емкостей АТСДШ и АТСК на данной сети. На тех ГТС, где задействованная емкость АТСДШ велика (например, более 30—40% общей емкости), применение схемы с *ИРД* привело бы к тому, что большая часть нагрузки, направляемой от АТСК к другим станциям, обслуживалась бы двумя регистрами. В результате начальные затраты возрастут, а надежность установления соединений с АТСДШ безусловно уменьшится. Только при наличии на сети ограниченной емкости АТСДШ (например, до 20—25% общей емкости) может оказаться целесообразным применение схемы с *ИРД*.

Вопрос о выборе способа установления соединений от АТСК к АТСДШ должен решаться с учетом конкретных условий развития данной сети, в частности, с учетом перспективы замены устаревшего оборудования АТСДШ современными коммутационными системами.

Соединения от АТСДШ к АТСК обслуживаются входящими регистрами *ВРД (ВРДБ)*, подключаемыми через ступени *РИВ* (в системе АТСК-У), или же «жестко» (в системе АТСК) к комплектам *ПКВ* соединительной линии. Все эти приборы устанавливаются на стороне АТСК. На сетях с УВС входящие регистры могут быть установлены на входах к ступени *ГИ* УВС, если на УВС предусмотрено только координатное оборудование. В этом случае *ВРД* должен принимать пять цифр. Если функциональная схема проектируемой АТСК предусматривает включение подстанций или УАТС, рассчитанных на прием адресной информации батарейными импульсами, то входящая связь от АТСДШ должна обслуживаться регистрами *ВРДБ*.

При разработке функциональной схемы может возникнуть вопрос о способе подключения таксофонов, которые, как известно, могут подключаться либо непосредственно на входы ступени *ГИ* через комплекты *ИШКТ*, либо в поле блоков *АВ* ступени абонентского искания. Поскольку таксофоны двустороннего действия не получили распространения на ГТС, второй способ подключения таксофонов не представляется целесообразным. Включение их в

абонентские блоки может быть оправдано при условии низкой нагрузки на каждый таксофон либо при необходимости установки дополнительных таксофонов сверх предусмотренного проектом числа комплектов *ИШКТ*.

9.3. РАСЧЕТ ПОСТУПАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

Исходные данные

Для определения объема коммутационного оборудования телефонных станций прежде всего необходимо иметь данные о возникающей на станциях нагрузке, о ее распределении по направлениям и о нагрузке, поступающей с других станций или узлов. Под *поступающей* нагрузкой понимают нагрузку, создаваемую всеми источниками нагрузки, подключенными к данной станции, т. е. линиями абонентов народнохозяйственного и квартирного секторов, исходящими соединительными линиями УТС, по которым поступает нагрузка от абонентов УТС, имеющих право внешней связи, и линиями таксофонов. Для расчета поступающей нагрузки необходимо иметь следующие исходные данные:

число телефонных аппаратов народнохозяйственного сектора	$N_{н.х}$
число телефонных аппаратов квартирного сектора	$N_к$
число таксофонов, предусмотренных на данной станции	$N_т$
число абонентов УТС, имеющих право внешней связи, для которых проектируемая АТС является «опорной» . . .	$N_{УТС}$
среднее число вызовов в ЧНН для каждой категории источников	$c_{н.х}$, $c_к$, $c_т$, $c_{УТС}$
средняя продолжительность разговоров в ЧНН	$T_{н.х}$, $T_к$, $T_т$, $T_{УТС}$
доля вызовов, заканчивающихся разговором	$\kappa_р$

Перечисленные исходные данные определяются изысканиями при разработке проекта линейных сооружений и статистическими наблюдениями на действующих АТС данного города, производимыми эксплуатационными организациями. При отсутствии таких данных можно воспользоваться средними значениями величин c_i, T_i и $\kappa_р$, приведенными в Нормах технологического проектирования НТП 327—68 для городов с различным числом жителей и различным соотношением ожидаемого числа абонентов народнохозяйственного и квартирного секторов. При получении данных статистических наблюдений следует иметь в виду, что на АТС, с разным структурным составом абонентов, ЧНН может иметь различное положение во времени, например, в период между 10—12 ч на станциях с преобладанием абонентов народнохозяйственного сек-

тора и в период 19—21 ч на станциях, обслуживающих жилые районы города.

Во многих случаях нагрузка, создаваемая на станциях, имеет два ЧНН. Поскольку абоненты различных категорий равномерно распределяются по тысячным и сотенным группам, для расчета числа входов ступени *ИГИ* достаточно иметь данные по одному ЧНН с бо́льшим значением поступающей нагрузки. Однако для определения числа межстанционных линий могут потребоваться данные для определения нагрузки и во второй ЧНН. На больших сетях с узлами может оказаться необходимым иметь и полные «профили» нагрузок.

Нагрузка на входы ступени *ИГИ*

Поступающая нагрузка для i-й категории источников Y_i может быть определена из выражения $Y_i = N_i c_i t_i$, где t_i — среднее время занятия входов *ИГИ* определяется по формуле

$$t_i = \alpha \kappa_p (t_{с.о} + n t_н + t_м + t_в + T_i + t_о). \qquad (9.2)$$

Здесь α — коэффициент, учитывающий продолжительность занятия входов *ИГИ* вызовами, которые не закончились разговором; $t_{с.о}$ — средняя длительность слушания сигнала «Ответ станции»; $nt_н$ — число набираемых цифр и среднее время набора одной цифры; $t_м$ — время установления соединения (т. е. суммарное время ожидания и действия всех маркеров, начиная с маркера *ИГИ*; $t_в$ — средняя продолжительность ожидания ответа вызываемого абонента (в случае состоявшегося разговора); $t_о$ — средняя длительность задержки приборов соединительного тракта после окончания разговора (после «отбоя»).

Коэффициент α зависит от средней длительности разговора T и доли вызовов, закончившихся разговором $\kappa_р$. Значения его приведены на рис. 9.5. Для декадно-шаговых АТС значение коэффици-

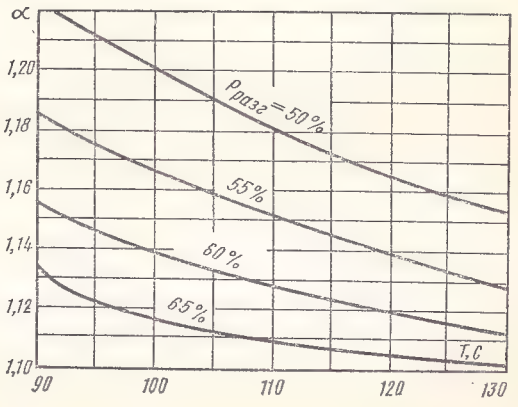


Рис. 9.5. Зависимость коэффициента α, учитывающего вызовы, не закончившиеся разговорами, от продолжительности разговора T

сента α считают постоянным, равным 1,1 (НТП 328). Для расчетов по ф-ле (9.2) принимают $t_{с.о}=3$ с; $t_н=1{,}5$ с; $t_в=7$ с; $t_о=1$ с.

Среднее время установления соединения $t_м$ может быть определено исходя из суммарного времени ожидания подключения маркеров и среднего времени занятия маркеров, участвующих в установлении соединения.

Рассчитав значения Y_i для всех категорий источников нагрузки, мы получим общую поступающую нагрузку для общестанционного ЧНН, т. е. нагрузку на входы ступени *ІГИ*:

$$Y_{вх\ ІГИ} = Y_{н.х} + Y_к + Y_т + Y_{УТС}. \qquad (9.3)$$

Нагрузка на выходах ступени *ІГИ*

Расчет нагрузки, поступающей на выходы ступени *ІГИ*, производят из соотношения средних значений времени занятия выхода *ІГИ* — $t_{вых}$ и времени занятия входа *ІГИ* — $t_{вх}$:

$$Y_{вых\ ІГИ} = Y_{вх\ ІГИ}\, t_{вых}/t_{вх}. \qquad (9.4)$$

Среднее время занятия входов определяется из соотношения

$$t_{вх\ ІГИ} = Y_{вх\ ІГИ}/\Sigma N_i c_i. \qquad (9.5)$$

Среднее время занятия выходов можно принять равным $t_{вых\ ІГИ} = t_{вх\ ІГИ} - (t_{с.о} + nt_н + 0{,}6)$. Здесь 0,6 с — среднее время установления соединения через ступень *ІГИ*, n — для вызовов, направляемых к АТСК, равно числу цифр набираемого номера, а для вызовов к АТСДШ — числу цифр станционного кода.

Зная типы станций на сети, их число и емкости, можно определить среднюю величину уменьшения средней длительности занятия при переходе от входа ступени к выходу и рассчитать нагрузку на выходах ступени *ІГИ*.

9.4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК

Одной из наиболее сложных задач проектирования АТС является распределение поступающих нагрузок по направлениям межстанционной связи. Ввод в действие новых АТС приводит к образованию новых потоков телефонной нагрузки от действующих АТС. Как показывают наблюдения, потоки нагрузки к новым станциям образуются в значительной степени за счет перераспределения потоков к действующим станциям. Это обстоятельство вызывает необходимость расчета при проектировании новых АТС и потоков существующих АТС.

Методы распределения нагрузок по направлениям межстанционной связи детально рассматривались в курсе «Теория телетрафика». Здесь мы коснемся некоторых вопросов, непосредственно относящихся к проектированию АТС.

При распределении поступающей нагрузки по направлениям необходимо отдельно учитывать потоки к АМТС и к УСС, пос-

кольку закономерности, установленные для межстанционных потоков, к ним не могут быть отнесены. Потоки к АМТС и УСС не перераспределяются с ростом сети, и можно ожидать дальнейшего роста нагрузки на АМТС с ростом автоматизации междугородной связи и нагрузки на УСС с расширением служб сервиса.

Нагрузку $Y_{\text{УСС}}$ определяют по аналогичным действующим станциям сети с учетом предполагаемого увеличения. Нагрузку к АМТС $Y_{\text{ЗСЛ}}$ можно рассчитать, задавшись средними значениями числа, длительности разговоров и процессов установления междугородных соединений для абонентов различных категорий. При отсутствии таких данных можно исходить из величины удельной междугородной нагрузки, задаваемой на основе статистической обработки данных междугородной станции. В практике проектирования иногда исходят из нормированной загрузки каналов междугородной связи, распределяя исходящую (на ЗСЛ) и входящую (на СЛМ) нагрузки по районным АТС сети.

В связи со сказанным при определении величины поступающей нагрузки проектируемой станции необходимо уточнить, учитывают ли данные о среднем числе вызовов и продолжительности разговора сообщение, направляемое по ЗСЛ к АМТС. При необходимости следует соответственно увеличить нагрузку, поступающую на *ГИ*.

Таким образом, исходящая нагрузка, которую необходимо распределять по направлениям межстанционной и внутристанционной связи, определится как

$$Y_{\text{исх}} = Y_{\text{вых ГИ}} - Y_{\text{ЗСЛ}} - Y_{\text{УСС}}. \qquad (9.6)$$

Как указывалось, открытие новых станций на сети приводит к некоторому снижению нагрузок между действующими станциями сети. Однако, поскольку формирование новых потоков происходит весьма медленно, нельзя одновременно с вводом в действие новых станций уменьшать число СЛ между «старыми» станциями. Всякое уменьшение числа межстанционных СЛ может предусматриваться в проектах только после того, как длительными наблюдениями установлено, что потоки между старыми станциями действительно снизились.

Из рассмотренных в курсе «Теория телетрафика» методов распределения нагрузки наиболее обоснованным можно считать метод нормированных коэффициентов тяготения (НКТ), поскольку эти коэффициенты, рассчитанные по результатам статистических наблюдений на текущий момент времени, сохраняют свое значение в течение ближайших этапов развития сети. Это дает возможность назначать НКТ направлениям межстанционных связей проектируемых АТС по аналогичным действующим АТС данной сети[1].

[1] «Аналогичными» с точки зрения межстанционной связи считают станции, имеющие одинаковую емкость, одинаковый структурный состав источников нагрузки, одинаковые или близкие по величине удельные нагрузки, примерно одинаковое удаление АТС от центральной части города.

Следует отметить также наличие определенной зависимости между НКТ и расстоянием между станциями определенных категорий.

Все это позволяет распределять нагрузку проектируемых и перераспределять нагрузки действующих станций более обоснованно, чем с помощью других методов.

Напомним, что по методу НКТ нагрузка от АТСi к АТСj определяется по формуле

$$y_{ij} = Y_{\text{исх } i} \frac{n_{ij} Y_{\text{вх } j}}{\sum_i n_{ij} Y_{\text{вх } j}}, \qquad (9.7)$$

где $Y_{\text{исх}i}$ — исходящая нагрузка АТСi, определенная по ф-ле (9.6); $Y_{\text{вх } j}$ — входящая нагрузка АТСj, обычно ее принимают равной исходящей нагрузке; n_{ij} — нормированный коэффициент тяготения АТСi к АТСj.

Произведения $n_{ij} Y_{\text{вх } j}$ суммируются по всем станциям сети (действующим и проектируемым), в том числе и по станции i. Заметим, что $n_{ii}=1$.

По результатам расчета составляется матрица межстанционных нагрузок. На сетях с узлами величины нагрузок, поступающих на УВС, определяют суммированием нагрузок к станциям, входящим в состав данного УВС. Точно также поступают, определяя нагрузки, поступающие на направления от РАТС к УИС.

Исследования внутристанционных потоков показывают, что имеется определенная зависимость между долей внутристанционной нагрузки в общей исходящей нагрузке АТС $y_{ii}/Y_{\text{исх } i}$ и долей нагрузки станции в общей нагрузке сети $Y_{\text{исх } i}/Y_{\text{сети}}$. Установлена также некоторая зависимость доли внутристанционного потока $y_{ii}/Y_{\text{исх } i}$ от соотношения числа абонентов квартирного и народнохозяйственного сектора $N_{\text{к}}/N_{\text{н.х}}$. Все это позволяет при распределении нагрузки проектируемых станций вначале определить с большей обоснованностью внутристанционную нагрузку, а затем остальную часть нагрузки распределять по нормированным коэффициентам тяготения.

Для того чтобы иметь все данные для расчета числа приборов проектируемой АТС, необходимо иметь данные о распределении внутристанционной нагрузки и нагрузок, поступающих от других станций и узлов, по тысячным группам проектируемой станции.

Ранее говорилось о том, что источники нагрузки различных категорий равномерно распределяются по тысячным группам. При этом условии можно считать, что как исходящая, так и входящая нагрузки распределяются поровну по тысячным группам. Если станция имеет группы выходов, выделенные для подключения входящих линий ПСК и УТС, то входящую нагрузку распределяют по 1000-м группам пропорционально исходящим нагрузкам абонентов, включенных в эти группы.

Подобным же образом распределяют входящую нагрузку от АМТС. Величина этой нагрузки определяется при проектировании

междугородных телефонных станций, либо используются данные аналогичных по структурному составу существующих АТС.

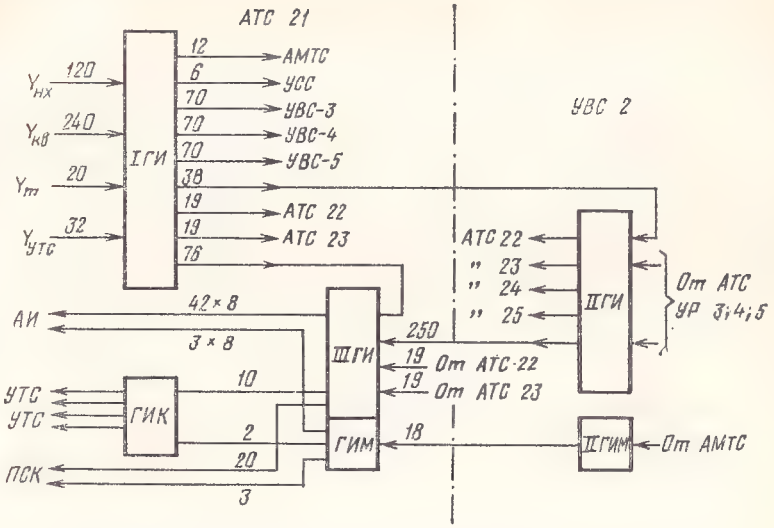


Рис. 9.6. Схема распределения нагрузок АТСК емкостью 8000 номеров (указаны примерные значения нагрузок, без расчета)

После того как определены все внутристанционные и все внешние исходящие и входящие нагрузки, составляется схема распределения нагрузок, которая является исходной для расчета числа линий и коммутационных приборов. Пример такой схемы приведен на рис. 9.6. Значения нагрузок на этой схеме указаны приблизительно, без расчета.

9.5. РАСЧЕТ ОБЪЕМА ОБОРУДОВАНИЯ КООРДИНАТНЫХ АТС

Исходные положения

Конечный целью расчета объема станционного оборудования является составление детальной спецификации, по которой производят заказ всего необходимого для монтажа станции оборудования. Имея все данные по расчету, можно приступить к разработке планов размещения оборудования и к составлению необходимых монтажных схем и рабочих чертежей. Методы расчета числа приборов и линий подробно изучаются в курсе «Теория телетрафика». Поэтому здесь мы рассмотрим только вопросы, связанные с применением некоторых из этих методов для решения конкретных задач расчета оборудования, возникающих при проектировании АТСК на городских телефонных сетях.

В предыдущих разделах этой главы (9.3 и 9.4) были изложены способы расчета средних значений интенсивностей нагрузок в ЧНН на различных участках соединительных трактов. В проектных организациях Министерства связи СССР расчет числа приборов и линий производится по «расчетным» интенсивностям телефонных нагрузок, значение которых всегда больше средних интенсивностей. Это делается с той целью, чтобы учесть возможные отклонения средних нагрузок в отдельные ЧНН (либо в отдельных группах источников нагрузок) от средних значений нагрузок Y, установленных в результате длительных статистических наблюдений.

Для нагрузок, обслуживаемых полнодоступными пучками, расчетная нагрузка $Y_р = Y + 0{,}674\sqrt{Y}$; для нагрузки, обслуживаемых неполнодоступными пучками, $Y_р = \varphi Y$, где φ — коэффициент, зависящий от нагрузки Y, числа нагрузочных групп g, доступности D, потерь p и структуры блока *ГИ*. При полнодоступном пучке относительная величина расчетной нагрузки уменьшается с увеличением средней нагрузки; при неполнодоступном включении отношение $Y_р/Y$ вначале уменьшается, а начиная с некоторого соотношения значений Y, g и D, возрастает. Так, если НПД пучок включается в выходы блоков *ГИ* 60×80×400, то при $g=14$, $p=0{,}005$ и $D=20$ для $Y=8{,}5$ Эрл $\varphi=1{,}25$; для $Y=40$ Эрл $\varphi=1{,}16$; для $Y=100$ Эрл $\varphi=1{,}25$. Это объясняется тем, что коэффициент φ учитывает не только разделение обслуживаемой нагрузки по нагрузочным группам, вследствие чего относительная колеблемость нагрузки по различным ЧНН возрастает. Учитывается также изменение кроссировочного коэффициента (коэффициента уплотнения) НПД включения при неизменном числе нагрузочных групп.

Поскольку для понимания методики и хода расчета объема оборудования координатных АТС в известной степени безразлично, для каких значений интенсивностей нагрузок ведется этот расчет, в дальнейшем мы будем исходить из средних значений (математических ожиданий) интенсивностей нагрузок.

При расчете числа коммутационных и управляющих устройств АТСК (АТСК-У) исходят из нормированных величин суммарных потерь, которые не должны превышать на городских телефонных сетях:

при местной связи	0,02—0,03
при связи с пригородной зоной	0,02—0,04
при входящей связи от междугородной станции	0,005—0,006
при связи с МТС по заказно-соединительным линиям	0,005

В практике проектирования принято следующее распределение допустимых потерь по участкам соединительного тракта [42]:

на ступенях АИ — РИ при исходящей связи в системе АТСК	0,007
на ступени *АИ* при исходящей связи без блокировки исходящих линий регистром	0,003

на ступени АИ при входящей связи	0,002
на ступенях *ГИ* при расчете СЛ без блокировок .	0,005
на ступенях *ГИ* при расчете СЛ с блокировками .	0,007
на ступенях *ГИ* при выходе на УСС	0,001
на ступенях ГИМ	0,001
на ступени *РИВ* в системе АТСК-У	0,002

Число приборов при обслуживании вызовов по системе с ожиданием определяется по нормированным величинам вероятности ожидания более допустимого времени $t_д$, выраженного в единицах, равных средней длительности обслуживания $P(>t)$ и среднего времени ожидания для задержанных вызовов $\gamma_{ср}$.

Виды приборов	$P(>t)$	$t_д$, с	$\gamma_{ср}$, с
Маркеры на всех ступенях искания	0,005—0,01	2,0	1,0
Кодовые приемники, обслуживающие группы регистров	0,005	5,0	2,5
Регистры *АР* при включении через ступень *РИА* .	0,002	5,0	2,5
Регистры *АР* при включении через ступень *РИ* в системе АТСК (для комплектов *ИШКТ*)	0,005	10	5,0

Последовательность и методы расчета

Оборудование АТС можно разделить на две части: оборудование, объем которого определяется только монтируемой емкостью станции и не зависит от телефонной нагрузки, и оборудование, объем которого непосредственно зависит от интенсивности поступающей, исходящей и входящей нагрузок.

Под монтируемой емкостью подразумевают число абонентских линий, которые могут быть подключены к станции непосредственно либо через устройства спаренного включения, либо через подстанции, например, типа ПСК. Линии таксофонов, исходящие и входящие СЛ УАТС в монтируемую емкость станции не входят, за исключением случаев, когда предусмотрено их включение в блоки *АВ* ступени *АИ*. К оборудованию, объем которого определяется монтируемой емкостью, относятся стативы: $АВ_1$ ступени *АИ* для включения индивидуальных абонентских линий; $АВ_2$ ступени *АИ* для включения линий спаренных телефонных аппаратов; абонентских комплектов *АК* (в системе АТСК); комплектов спаренных аппаратов *(КСА)*; *АК—АВ* в системе АТСК-У, а также общее оборудование станции, такое, как стативы *МГ, СВУ, УН, УАК, АТ* и т. п.

Расчет оборудования, объем которого зависит от интенсивности обслуживаемой телефонной нагрузки, обычно ведут в следующей последовательности.

1. Определяют число входов ступени *ІГИ*. Для этого рассчитывают число *ИШК, ПКП, ИШКТ*. В результате определяются число блоков *ІГИ*, число стативов *ИШК*.

2. Определяют число блоков *РИА* (в системах АТСК-У) и число регистров *АР (АРБ)*. В результате находятся число стативов *РИА*, число стативов абонентских регистров.

3. Рассчитывают число СЛ во всех пучках линий, подключенных к выходам блоков *ГИ*, и определяют число стативов *РСЛИ*.

4. Рассчитывают число входящих СЛ от других станций (узлов). Для СЛ от АТСДШ рассчитывают число входящих регистров и блоков *РИВ* (в системе АТСК-У). Определяют число стативов *РСЛВ, ПКВ—ВРД, РИВ*.

5. Определяют число блоков и стативов *ІГИ (ІІІГИ), ІГИМ (ІІІГИМ)*.

6. Рассчитывают число входящих СЛМ от междугородной телефонной станции.

7. Рассчитывают ступень *АИ* по входящей связи и число *ВШК, ВШКМ*, блоков *СД*. Определяют число стативов *ВШК, CD*.

Основными инженерными методами расчета числа коммутационных устройств в звеньевых коммутационных системах считают: комбинаторный метод, основные положения которого сформулированы были шведским ученым К. Якобеусом в начале 50-х годов; метод эффективной доступности, предложенный А. Д. Харкевичем в 1957 г.; метод ЛОНИИС, разработанный в начале 60-х годов группой специалистов под руководством Б. С. Лившица.

Все эти методы подробно рассматриваются в курсе «Теория телетрафика».

Проектные организации Министерства связи ведут расчет оборудования по инструкциям, разработанным ЛОНИИС, основанным главным образом на третьем методе расчета. Результаты расчетов представлены в виде таблиц, и инструкции составлены таким образом, что задача проектировщиков упрощена до предела. При пользовании этими таблицами (или построенными по ним номограммами) сущность процессов обслуживания, отраженных в них, естественно, не раскрывается.

Поэтому наряду с третьим методом полезно рассмотреть и применить для расчета некоторых участков тракта также метод Якобеуса и метод эффективной доступности.

Расчет числа входов ступени *ІГИ*

К входам ступени *ІГИ* подключаются комплекты *ИШК, ИШКТ* и *ПКП*. Число *ИШК* для системы АТСК рассчитывается на условные потери, равные 0,003, для системы АТСК-У — на потери, равные 0,003. Выходы 10 блоков *АВ*, обслуживающих 1000 абонентских линий, объединяются в один неполнодоступный пучок исходящих линий с доступностью 20. Это неполнодоступное подключение выходов блоков *АВ* к входам комплектов *ИШК*, а следовательно, и входам ступени *ІГИ* осуществляется на промежуточных щитах *ПЩ АИ*.

Рассмотрим на примере расчета числа *ИШК* применение метода Якобеуса.

Двухзвенный блок *АВ* ступени *АИ* представляет собой блок со сжатием (рис. 9.7), число входов одного коммутатора звена *А* ($n_A=10$) больше числа доступных промежуточных линий ($m_A=$

6). Каждой из промежуточных линий доступны $q=3^1/_3$ выхода и таким образом доступность исходящих линий, обслуживающих группу блоков, $D=mq=6\cdot 3^1/_3=20$.

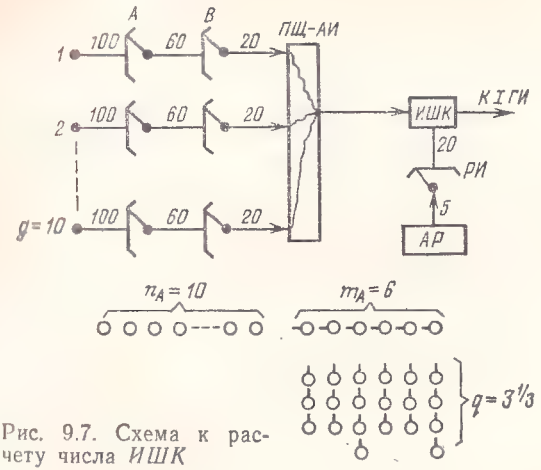


Рис. 9.7. Схема к расчету числа *ИШК*

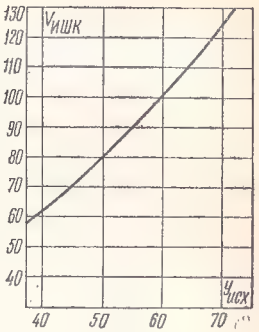


Рис. 9.8. Зависимость $V_{ИШК}$ от исходящей нагрузки $Y_{исх}$ для условных потерь $p=0{,}003$ для группы 1000 абонентских линий

Для расчета числа линий (комплектов *ИШК*), подключаемых неполнодоступно к выходам двухзвенных блоков со сжатием на звене *B* при случайном искании линий, можно воспользоваться следующими формулами, предложенными Якобеусом:

$$V = mq + \frac{Y_{исх} - Y_0}{c}; \qquad (9.8)$$

$$p = (b + c^q - bc^q)^m; \qquad (9.9)$$

$$p = b^m + \frac{E_{mq}(Y_0)}{E_{mq}(Y_0/b)}. \qquad (9.10)$$

В этих формулах $Y_{исх}$ — нагрузка, поступающая на *ИШК*, обслуживающие группу абонентских линий; Y_0 — нагрузка, пропускаемая двухзвенной схемой при полнодоступном включении mq линий и заданных потерях p; c — максимальное значение средней пропускной способности линий, включенных неполнодоступно в выходы двухзвенной схемы при заданных потерях; b — среднее значение нагрузки одной промежуточной линии с учетом исходящей и входящей нагрузок; p — вероятность потерь, допустимых при исходящем сообщении; $E_{mq}(Y)$ — вероятность потерь, вычисленная по первой формуле Эрланга.

Пример расчета. Требуется определить число *ИШК* для обслуживания нагрузки, создаваемой группой в 1000 абонентов ($g=10$) и равной $Y_{исх}=50$ Эрл. Допустимые потери 0,003.

Считая, что исходящая и входящая нагрузки равны, определим нагрузку на одну промежуточную линию:

$$b = \frac{Y_{исх} + Y_{вх}}{g\, k_A\, m_A} = \frac{50 + 50}{10 \cdot 10 \cdot 6} = 0{,}167 \text{ Эрл}.$$

Из ур-ния (9.9) находим c:

$$c = \left(\frac{p^{1/m} - b}{1 - b}\right)^{1/q} = \left(\frac{0{,}003^{1/6} - 0{,}167}{1 - 0{,}167}\right)^{1/3} \cong 0{,}65.$$

Пользуясь таблицами Пальма или Башарина, из ур-ния (9.10) подбором находим Y_0; для $mq=20$ и $p=0{,}003$ $Y_0=10{,}3$ Эрл.

Подставляя полученные значения в (9.8), получим

$$V = \frac{50 - 10{,}3}{0{,}65} + 20 = 81.$$

Проверяя на кроссировочный коэффициент, получаем

$$\gamma = g\,D/V = 10 \cdot 20/81 \cong 2{,}5,$$

что удовлетворяет требованиям к схемам НПД включений.

Для сравнения на рис. 9.8 приведена зависимость $V_{ишк}=f(Y_{исх})$ для числа блоков AB, $g=10$ и потерь $p=0{,}003$, рассчитанная по методу ЛОНИИС.

Если при разработке функциональной схемы принято решение о подключении таксофонов к входам *ИГИ*, то, очевидно, число *ИШКТ* равно числу таксофонов. Число комплектов *ПКП* (подключающие комплекты подстанций), которыми заканчиваются исходящие СЛ от УАТС и подстанций ПСК, должно быть определено расчетом. Если данные о нагрузках отсутствуют, возможно частично воспользоваться указаниями НТП 327—68 о числе соединительных линий — исходящих, входящих и междугородных — для связи УАТС и подстанций с опорными АТС [53].

На ступени *ИГИ* районных АТСК и АТСК-У применяют блоки 80×120×400. Число блоков *ИГИ* определяются исходя из общего числа шнуровых комплектов. Однако число входов блоков *ИГИ* может и не совпадать с рассчитанным числом *ИШК*, *ИШКТ* и *ПКП*. Так, если расчетом определено на одну тысячную группу $V_{ишк}=75$, то, имея в виду, что на стативе *ИШК* (АТСК) может быть установлено 40 комплектов, на каждую тысячную группу потребуется иметь два статива *ИШК*. Явно нецелесообразно использовать оставшиеся пять свободных мест, например для установки на них *ИШК* другой тысячной группы. Точно также и функционально связанный с данными двумя стативами *ИШК* блок *ИГИ* должен иметь только 75 задействованных входов.

Вопрос о размерах резервирования рабочих мест на стативах релейных комплектов, входов в блоки *ГИ, ГИК, CD* решается в каждом отдельном проекте с учетом данных расчета и местных условий. Для блоков и стативов, обслуживающих межстанционные связи (*ГИ, РСЛ*), согласно требованиям НТП должно быть предусмотрено резервирование рабочих мест на стативах в пределах 5—10% от расчетного числа.

Имея в виду все сказанное, число блоков *ИГИ* на проектируемой станции определится как

$$g_{ИГИ} = \left[\frac{V'_{ишк} + V'_{ишкт} + V'_{пкп}}{80}\right]. \qquad (9.11)$$

Здесь V' (со штрихом) означает, что учтен некоторый целесообразный резерв рабочих мест и входов блоков *ГИ*. Квадратные скобки указывают, что берется ближайшее большее целое число.

Расчет ступени регистрового искания и абонентских регистров

В координатных АТС типа АТСК абонентские регистры подключаются к шнуровым комплектам *ИШК, ИШКТ, ПКП* через одноименную ступень регистрового искания, образованную из коммутационных блоков 40×10. Каждый такой блок разделен на два «полублока», имеющих 20 входов для включения комплектов *ИШК*, и пять выходов, соединяемых с абонентскими регистрами. Поскольку в АТСК подключение линии вызывающего абонента к *ИШК* и к регистрам осуществляется способом обусловленного искания, оказывается возможным объединять регистры в достаточно большие пучки, что позволяет получить среднее использование регистров порядка 0,55—0,6 Эрл.

Для этого комплекты *ИШК* разбиваются на группы, которые обслуживаются отдельными пучками регистров. Число комплектов в одной группе не должно быть более 200, в противном случае схема распределения *ИШК* по входам полублоков *РИ* значительно усложняется. Практически это ограничение приводит к тому, что группы регистров образуются для обслуживания либо одной, либо двух тысячных групп, если общее число *ИШК* в этих двух группах не превышает 200. Число полублоков *РИ* определяется для каждой группы делением числа *ИШК* на 20: $g_{РИ} = V_{ИШК}/20$. Комплекты *ИШКТ* и *ПКП* обычно подключаются к отдельной группе регистров через соответствующее число полублоков *РИ*.

Для получения указанного выше среднего использования регистров необходимо распределить *ИШК* по полублокам *РИ* таким образом, чтобы 20 *ИШК*, доступных одному блоку *АВ*, были бы равномерно распределены по всем полублокам *РИ* и, следовательно, имели бы возможность подключаться к любому из регистров, обслуживающих данную группу. При выполнении этого условия пучок регистров можно рассматривать как полнодоступный блокируемый пучок линий. На рис. 9.9 приведена схема подключения выходов блоков *АВ* к полублокам *РИ*. Пунктиром показано распределение 20 выходов блока *АВ1*. Цифры около пунктирных линий обозначают число линий, обслуживающих блок *АВ1*. Аналогичные соединения имеют все другие блоки *АВ (2—10)*. Схема неполнодоступного включения на промежуточном щите *АИ*, соответствующая этому распределению, приведена далее на рис. 9.17. Таким образом, каждый блок *АВ*, входящий в состав данной тысячной группы, должен иметь возможность подключиться к любому из $V_{рег}$, обслуживающих эту группу через $20/g_{РИ}$ (или $20/g_{РИ}+1$) комплектов *ИШК*. Если в некоторый момент времени заняты все *ИШК*, через которые блок $АВ_i$ связан с полублоком $РИ_j$, то все свободные в этот момент времени регистры полублока

$РИ_j$ оказываются заблокированными (недоступными) для вызовов, возникающих в блоке $АВ_i$. Если в некоторый момент времени оказываются занятыми все регистры полублока $РИ_j$, то все свободные в этот момент времени *ИШК*, подключенные к входам $РИ_j$, оказываются заблокированными для вызовов, возникающих в любом блоке *АВ*. Такое состояние обслуживающих устройств называют обратной блокировкой.

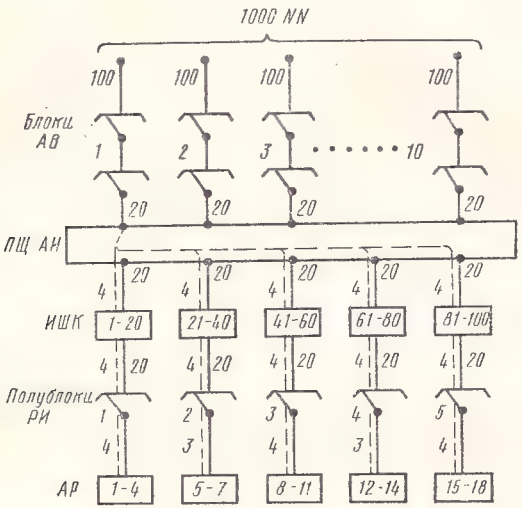


Рис. 9.9. Схема распределения выходов блоков *АВ* по полублокам *РИ* при числе: $V_{ИШК}=100$, $V_{рег}=18$

Расчет числа регистров с учетом влияния блокировок достаточно сложен — необходимо учитывать, кроме интенсивности поступающей нагрузки и качества обслуживания, также число нагрузочных групп, число *ИШК* в каждой из групп, обслуживаемых данным пучком регистров, кроссировочный коэффициент НПД включения линий к *ИШК*. Очевидно, что необходимо также учитывать при расчете *ИШК* и влияние обратной блокировки шнуровых комплектов регистрами. Имея в виду эту взаимосвязь между числом регистров, *ИШК*, а также числом нагрузочных групп, качество обслуживания на ступенях *АИ—АВ* и *РИ* в системе АТСК нормируется в целом, оно должно рассчитываться на потери 0,007. Одна и та же вероятность потерь вызовов на этих двух ступенях искания (*АВ* и *РИ*) может быть получена при разных соотношениях между числом *ИШК* и числом регистров.

Для практического проектирования важно найти такое их соотношение, при котором суммарные затраты на оборудование были бы минимальны. Исходя из этого положения, оказалось наиболее целесообразно рассчитывать *ИШК* при потерях $p=0{,}003$, не

учитывая обратных блокировок, а число абонентских регистров определять при условии, что суммарные потери $p=0{,}007$. Результаты расчетов, выполненных в ЛОНИИС для широкого диапазона значений $Y_{рег}$, $g_{РИ}$, $\gamma_{ИШК}$, приведены в [13].

Интенсивность нагрузки, поступающей на абонентские регистры *АР*, $Y_{рег}$, рассчитывается исходя из соотношения среднего времени занятия входов *ИГИ* и среднего времени занятия *АР*, которое можно определить из выражения $\bar{t}_{рег}=t_{с.о}+nt_{н}+t_{м}$:

$$Y_{рег}=Y_{вх\ ИГИ}\frac{\bar{t}_{рег}}{\bar{t}_{вх\ ИГИ}}. \qquad (9.12)$$

Здесь $Y_{вх\ ИГИ}$ — интенсивность нагрузки, поступающей на входы ступени *ИГИ*, создаваемой одной тысячной группой линий.

Число регистров *АР* по методу ЛОНИИС [13] определяется как $V_{рег}=V_0+\max(\Delta V_1, \Delta V_2, \ldots)$. Здесь V_0 — основная часть числа $V_{рег}$, определяется интенсивностью нагрузки $Y_{рег}$, потерями, принятыми для ступени *РИ*, и числом полублоков *РИ*. Дополнительное число регистров — максимальное из значений ΔV_1, ΔV_2 — зависит от структуры пучка *ИШК*, т. е. от $V_{ИШК}$, $\gamma_{ИШК}$ каждой из групп, обслуживаемых общим пучком *АР*, а также и от числа полублоков *РИ*.

Для приближенного расчета числа регистров $V_{рег}$ в табл. 9.1 приводятся некоторые значения величин V_0 и соответствующих им нагрузок. Для одного и того же числа полублоков *РИ* — $g_{РИ}$ зависимость $V_0=f(Y_{рег})$ можно принять линейной.

Таблица 9.1

ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНОГО ЧИСЛА АБОНЕНТСКИХ РЕГИСТРОВ V_0 ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ РЕГИСТРОВОЙ НАГРУЗКИ $Y_{рег}$ И ЧИСЛА ПОЛУБЛОКОВ СТУПЕНИ *РИ*

V_0	15	15	18	18	20	20	20	25	25	25	25	30	30
$Y_{рег}$, Эрл	6,9	6,6	8,7	8,3	10,4	10,2	9,8	14,0	13,8	13,4	12,8	17,8	17,4
$g_{РИ}$	4	5	5	6	4	5	6	5	6	7	8	6	7

Окончание табл. 9.1

V_0	30	30	30	35	35	35	35	40	40	40	45	45	50
$Y_{рег}$, Эрл	17,0	16,6	16,2	21,4	21,1	20,7	20,3	25,2	24,8	24,4	28,8	28,5	32,6
$g_{РИ}$	8	9	10	7	8	9	10	8	9	10	9	10	10

Дополнительное число регистров $\max(\Delta V_1, \Delta V_2, \ldots)$ может быть определено из таблиц, приведенных в [13]. Для большинства практически возможных соотношений $V_{ИШК}$ и $\gamma_{ИШК}$ $\Delta V=1\div2$.

В усовершенствованной системе АТСК-У регистры *АР* подключаются к шнуровым комплектам через двухзвенную ступень регистрового искания *РИА* по системе с ожиданием. Занятие входа ступени *РИА* происходит независимо от состояния промежуточных линий блока *РИА* и регистров. При отсутствии в данный момент свободного и доступного регистра поступивший на вход бло-

ка вызов не получит отказа, а будет ожидать освобождения доступного ему регистра. Время ожидания не ограничено. Ожидающие вызовы обслуживаются в случайном порядке.

Блоки *РИА* построены по схеме 120×60×40. Их число определяется по формуле

$$g_{\text{РИА}} = \frac{V_{\text{ИШК}} + V_{\text{ИШКТ}} + V_{\text{ПКП}}}{120}.$$

Как правило, интенсивность регистровой нагрузки, поступающей через 120 комплектов, подключенных к одному блоку *РИА*, не превышает 12—13 Эрл, и для ее обслуживания потребуется не более 18—20 регистров. Поэтому рекомендуется объединять выходы двух блоков *РИА*, обслуживая их общим пучком регистров (рис. 9.10). Если число регистров, необходимых для сдвоенных

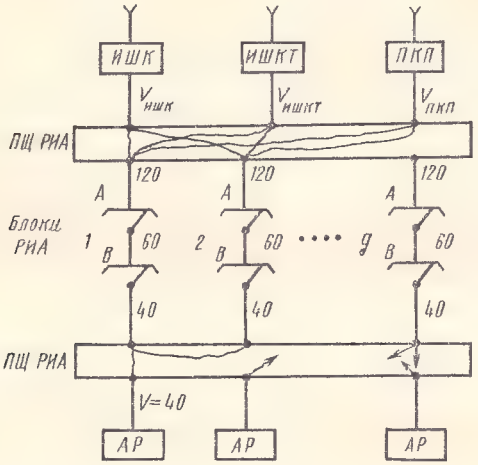


Рис. 9.10. Схема подключения блоков *РИА*

блоков, окажется меньшим 40, то выходы, входящие в состав различных коммутаторов, частично запараллеливают так, чтобы получить уменьшенное количество выходов. Если же для сдвоенного блока потребуется несколько больше, 40 регистров, то параллельные соединения выходов этих двух блоков могут быть частично сняты.

Исследования пропускной способности двухзвенных блоков *РИА* в режиме ожидания показали, что она практически не отличается от пропускной способности полнодоступного однозвенного включения. Было также установлено, что продолжительность обслуживания каждого вызова регистром может быть для целей расчета принята постоянной. Поэтому для расчета числа абонентских регистров, подключаемых через блоки *РИА*, можно использовать метод Кроммелина. В соответствии с этим для практиче-

ских расчетов были построены графики зависимостей числа регистров $V_{рег}$ от интенсивности поступающей нагрузки $Y_{рег}$ при вероятности ожидания больше допустимого времени $P(>t)=0{,}002$, где t — отношение допустимого времени ожидания к среднему

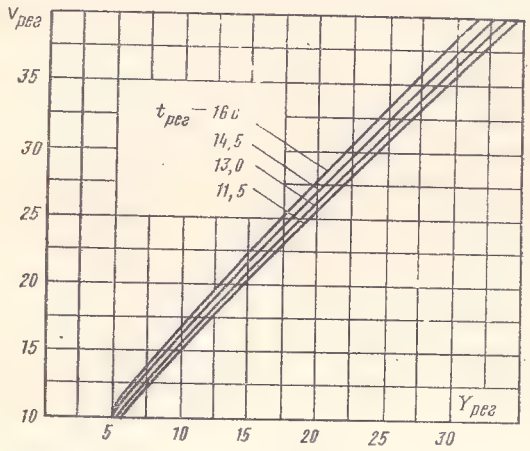


Рис. 9.11. Зависимость числа абонентских регистров от регистровой нагрузки в системе АТСК-У

времени занятия регистра на один вызов, т. е. $t=t_{доп}/t_{рег}$. В графиках, приведенных на рис. 9.11, $t_{доп}$ принято равным 5 с, $t_{рег}$ — 11,5; 13,0; 14,5 и 16,0 с.

Расчет числа СЛ на выходах ступеней *ГИ*

Для расчета пучков линий, включаемых в выходы ступеней *ГИ*, при проектировании АТС широко используют таблицы пропускной способности полнодоступных и неполнодоступных звеньевых включений, рассчитанные и составленные в ЛОНИИС по методу, разработанному в том же институте.

По данным таблиц пропускной способности блоков 80×120××400 составлены номограммы, приведенные в [42]. Имея в виду, что этот блок является основным блоком *ГИ* в системах АТСК и АТСК-У, в табл. 9.2 приведены выдержки из таблиц ЛОНИИС для некоторых наиболее часто встречающихся параметров неполнодоступных включений. Промежуточные значения числа линий и соответствующих им нагрузок могут быть определены линейным интерполированием, поскольку зависимости $V=f(Y)$ для одного и того же числа нагрузочных групп, нагрузок на вход блока, доступности и потерь можно считать линейными. Данные табл. 9.2 соответствуют средней нагрузке на вход блока $a=0{,}6$ Эрл. Для перехода к нагрузкам $a=0{,}4$; 0,5; 0,7 Эрл табличное значение нагрузок нужно умножить соответственно на 1,045; 1,025; 0,96.

Таблица 9.2

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕПОЛНОДОСТУПНЫХ ПУЧКОВ ЛИНИЙ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ВЫХОДЫ БЛОКОВ *ГИ* 80×120×400 ПРИ НАГРУЗКЕ НА ВХОД a=0,6 Эрл И ПОТЕРЯХ p=0,005 Эрл

Число линий	$k_B q = 20$						$k_B q = 40$				$k_B q = 60$	
	g=8	g=10	g=12	g=14	g=16	g=18	g=8	g=10	g=12÷14	g=16	g=8	g=10÷20
20	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2						
22	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6						
24	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0						
26	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2						
28	15,6	15,6	15,5	15,5	15,5	15,5						
30	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0						
35	20,2	20,4	20,4	20,5	20,5	20,5						
40	23,8	23,8	23,9	24,0	24,2	24,2	26,2	26,2	26,2	26,2		
45	27,1	27,3	27,4	27,6	27,6	27,6	30,2	30,2	30,2	30,2		
50	30,5	30,7	31,0	31,1	31,1	31,1	34,2	34,2	34,2	34,2		
55	33,7	34,0	34,2	34,4	34,5	34,5	38,2	38,2	38,2	38,2		
60	36,9	37,3	37,5	37,7	37,7	37,8	42,3	42,3	42,3	42,3	43,1	43,1
70	42,9	43,8	44,2	44,5	44,5	44,6	50,4	50,4	50,4	50,4	51,1	51,1
80	47,6	49,8	50,6	50,9	51,2	51,3	58,4	58,5	58,6	58,6	59,5	59,5
90	51,8	55,1	56,5	57,7	57,9	58,0	66,5	66,6	66,7	66,8	67,8	68,0
100	56,2	59,8	62,2	63,4	64,0	64,6	74,6	74,7	74,8	75,0	76,0	76,3
120	64,9	68,0	72,0	74,4	75,8	76,9	90,0	90,6	91,0	91,3	92,1	92,6
140	72,8	77,8	81,7	84,2	87,2	88,6	104,3	106,0	106,6	107,2	107,2	108,2
160	81,6	85,6	90,3	93,5	96,3	99,3	117,2	120,7	122,1	123,1	122,0	123,3

В практике проектирования часто возникают задачи расчета числа линий при параметрах включений, не предусмотренных при составлении таблиц. В этих случаях целесообразно использовать для приближенного расчета метод эффективной доступности. Для блоков с расширением на звене A ($\sigma_A > 1$) и связностью $f=1$ эффективная доступность может быть определена из выражений:

$$D_{эфф} = D_{мин} + \theta(\bar{D} - D_{мин}); \tag{9.13}$$

$$D_{мин} = (m_A - n_A + 1)q; \tag{9.14}$$

$$\bar{D} = (m_A - Y_m)q. \tag{9.15}$$

В этих выражениях m_A, n_A — коммутационные параметры коммутаторов звена A блока *ГИ*; q — число групп выходов, представленных данному направлению; $\bar{D}$ — средняя доступность (математическое ожидание доступности); Y_m — интенсивность нагрузки, пропускаемой m_A промежуточными линиями; θ — коэффициент, определяемый зависимостью потерь от доступности. Величину его можно принимать в пределах 0,65—0,75. В [42] указывается, что θ может быть приближенно определен по графику, приведенному на рис. 9.12, в зависимости от числа нагрузочных групп и нагрузки в направлении.

На координатных АТС для включения входящих СЛ к УАТС и к *ПСК*, а также в некоторых случаях на ступени *ПГИ*, *ПГИМ*

применяют двухсвязные блоки *ГИ (ГИК)* 60×60×200 и 40×40×200. В этом случае, т. е. для $f=2$, $D_{мин}$ и $\bar{D}$ рассчитывают по формулам:

$$D_{мин}=\left(k_B-\frac{n_A}{f_{AB}}+1\right)q\,; \tag{9.16}$$

$$D=\left(k_B-\frac{Y_m^2}{2m_A}\right)q. \tag{9.17}$$

В этих формулах $k_B=m_A/2$ — число коммутаторов на звене B. Коэффициент θ определяют также по графику рис. 9.12.

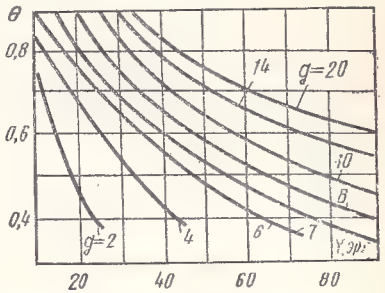


Рис. 9 12. График зависимости коэффициента θ от нагрузки, поступающей на направление, и числа нагрузочных групп ступени *ГИ* ($\sigma=1{,}33$; $a=0{,}4$; $p=0{,}005$)

После того как определена величина $D_{эфф}$, число СЛ рассчитывается по формуле О'Делла, которая может быть приведена к виду:

$$Y=\alpha Y+\beta \qquad \left(\alpha=\frac{1}{\sqrt[D]{p}}\ \text{и}\ \beta=D-\frac{Y_D}{\sqrt[D]{p}}\right). \tag{9.18}$$

Значения величин α и β для $D=2\div50$ и потерь 0,001; 0,003 и 0,005 приведены во многих пособиях и учебниках. Здесь приведено только несколько значений этих коэффициентов для потерь $p=0{,}005$ и доступностей, какие могут получаться при расчете $D_{эфф}$:

$D_{эфф}$	10	11	12	13	15	18	20	22	24	30	32
α	1,70	1,62	1,55	1,50	1,42	1,34	1,3	1,27	1,25	1,19	1,18
β	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	5,2	5,6	6,0	6,4	7,5	7,7

После определения числа линий по ф-ле (9.18) необходимо проверить результат по кроссировочному коэффициенту, поскольку методы расчетов неполнодоступных включений, основанные на формуле О'Делла, можно применять при соблюдении условия $\gamma=gD/V\geqslant2$. При значениях $\gamma<2$ (а для звеньевых НПД включений при $\gamma<2{,}5$) среднее использование линий в рассчитываемом пучке оказывается меньшим, чем должно быть, исходя из

уравнения О'Делла. В пределе при $\gamma=1$ НПД пучок распадается на g отдельных пучков с минимальным средним использованием линий.

Следует также иметь в виду, что значения коэффициентов α и β, приведенные выше, можно использовать только при расчете числа линий в пучках, обслуживающих так называемую «выровненную» нагрузку, т. е. прошедшую хотя бы через одну ступень искания. Для нагрузки, поступающей на входы первой ступени искания (например, для нагрузки, по которой рассчитываются *ИШК*), предложена скорректированная формула, дающая при тех же условиях большее число линий. Так, если для «выровненной» нагрузки при $D=10$ и $p=0{,}005$ можно пользоваться ф-лой (9.18) с коэффициентами $\alpha=1{,}7$ и $\beta=3{,}3$, то для нагрузки «чистой случайности» скорректированная формула дает коэффициенты $\alpha=2$ и $\beta=2{,}05$.

Расчет числа входящих СЛ, блоков *РИВ*, *ВРД*

Число входящих СЛ определяется на основании расчета межстанционных потоков. Необходимы также некоторые данные о коммутационных устройствах станций (и УВС), откуда потоки направляются на проектируемую станцию, такие, как система оборудования, доступность входящих пучков, структура исходящих ступеней *ГИ*, нагрузки на вход этих ступеней.

Методы расчета числа СЛ в пучках, поступающих от координатных АТС и от координатных УВС, как правило, аналогичны методам расчета исходящих потоков проектируемой станции.

Рассмотрим подробнее вопрос о расчете числа входящих СЛ от декадно-шаговых АТС. Для установления соединений от АТСДШ (или УВСДШ) к координатным АТС на входящем конце СЛ устанавливаются входящие комплекты *ПКВ*, к которым подключаются входящие регистры *ВРД*. В системе АТСК *ВРД* подключаются к комплектам *ПКВ* «жестко», на восемь комплектов *ПКВ* предусмотрено два регистра *ВРД*. При таком способе подключение регистров к СЛ вполне может быть осуществлено за межсерийное время. Схемы *ПКВ* и *ВРД*, а также конструкция статива, на котором размещаются 24 комплекта *ПКВ* и шесть *ВРД*, не предусматривают какого-либо иного их сочетания, и, следовательно, $V_{\text{ВРД}} = \frac{1}{4} V_{\text{вх сл.}}$

В промежутки времени, когда оба регистра, обслуживающие данную группу из восьми *ПКВ*, заняты установлением соединений, свободные в эти моменты времени линии из этой группы должны быть заблокированы от занятия их групповыми искателями АТСДШ. Чтобы получающаяся при этом временная недоступность части СЛ не ухудшила качество установления соединений, необходимо несколько увеличивать число СЛ от АТСДШ.

Вначале рассчитывают число СЛ без учета обратных блокировок. Для этого можно воспользоваться таблицами пропускной

способности однозвенных неполнодоступных включений при различном числе нагрузочных групп ($g=2\div50$), доступностях $D=10$ и потерях $p=0{,}001$; 0,003 и 0,005. Можно пользоваться и ф-лой (9.18), если кроссировочный коэффициент неполнодоступного включения на АТСДШ (УВС) будет удовлетворять условиям применения этой формулы. В этом случае табличные данные и результаты расчета по ф-ле (9.18) весьма близки. Для случаев, когда эти условия не удовлетворяются (например, $\gamma<2$), в [42] приведена эмпирическая формула, аппроксимирующая с удовлетворительным приближением табличные данные для расчета однозвенных неполнодоступных включений:

$$V = D + \frac{Y - Y_D}{c_g}. \qquad (9.19)$$

Это выражение представляет собой известную формулу О'Делла, в которой величина максимального значения среднего использования линий $\sqrt[D]{p}$ заменена величиной c_g, зависящей не только от доступности и потерь, но и от кроссировочного коэффициента. Значения c_g для приближенного расчета числа линий при $D=10$ и $p=0{,}005$ можно принять равными:

γ	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
c_g	0,4	0,505	0,55	0,58	0,6	0,61	0,62	0,63

После того как будет рассчитано число линий от АТСДШ к АТСК, необходимо учесть влияние блокировки линий регистрами.

В рекомендациях ЛОНИИС указывается, что можно ограничиться в АТСК добавлением к рассчитанному числу линий одной, двух или трех линий. При $30<V_{СЛ}<60$ $V'_{СЛ}=V_{СЛ}+1$; при $61\leqslant V_{СЛ}\leqslant80$ $V'_{СЛ}=V_{СЛ}+2$; при $V_{СЛ}\geqslant81$ $V'_{СЛ}=V_{СЛ}+3$.

В системе АТСК-У входящие регистры подключаются к *ПКВ* через двухзвенную ступень регистрового искания *РИВ*, состоящую из блоков 48×30×20, построенных по схеме ПВВП. Соединения через эти блоки осуществляются электронным маркером, что позволяет обеспечить установление соединений за межсерийное время. Ступень искания *РИВ* работает по системе с отказами, норма потерь принята равной $p=0{,}002$.

Для расчета числа регистров *ВРД* необходимо прежде всего определить величину интенсивности регистровой нагрузки. Аналогично предыдущему

$$Y_{ВРД} = Y_{СЛ}\,\frac{t_{ВРД}}{t_{СЛ}},$$

где $t_{ВРД}$ — среднее время занятия *ВРД* при установлении соединения; $t_{СЛ}$ — среднее время занятия соединительных линий; $Y_{СЛ}$ — интенсивность нагрузки, обслуживаемой пучком СЛ.

Если на АТСК-У нагрузка поступает по нескольким пучкам СЛ, то величины регистровых нагрузок отдельных пучков суммируются. Далее необходимо определить число блоков *РИВ*:

$$g_{\text{РИВ}} = \left[\frac{V_{\text{СЛ1}} + V_{\text{СЛ2}} + \cdots}{48}\right].$$

Регистры *ВРД* подключаются к выходам блоков *РИВ* по неполнодоступной схеме с доступностью $D=20$, с числом нагрузочных групп, равным числу блоков *РИВ*. Исследования показали, что двухзвенная схема блоков 48×30×20 в режиме свободного искания является практически неблокируемой, и поэтому число *ВРД* можно рассчитывать по методам, принятым для однозвенных схем. На рис. 9.13 показана зависимость $V_{\text{ВРД}}=f(Y_{\text{ВРД}})$ для $g=5$ и $g=10$ для потерь $p=0{,}002$.

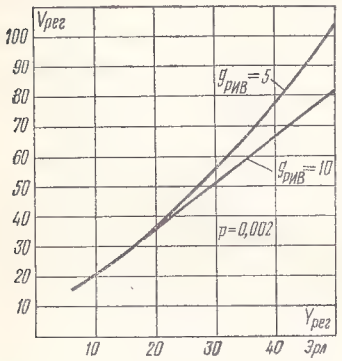


Рис. 9.13. Зависимость числа входящих регистров, включенных через ступень *РИВ*, от регистровой нагрузки при потерях $p=0{,}002$

Число входящих соединительных линий от междугородной телефонной станции должно рассчитываться по величине нагрузки, поступающей от МТС, детальный расчет которой возможен только при наличии обоснованных данных о среднем числе междугородных соединений по СЛМ, приходящихся на одну абонентскую линию народнохозяйственного и квартирного секторов и УТС. При отсутствии таких данных можно воспользоваться статистическими данными МТС об общей величине нагрузки, поступающей на ступень *IГИМ* с тем, чтобы методом коэффициентов распределения найти нагрузку, поступающую на проектируемую станцию.

Для определения числа СЛМ необходимо иметь данные о системе оборудования МТС (или узла входящего междугородного сообщения УВСМ) и о способе передачи адресной информации на проектируемую АТС. Это требуется и для расчета числа СЛМ, и для определения оборудования, которое необходимо для этих линий. Так, если от МТС (УВСМ) адресная информация будет передаваться батарейным способом, то на входящем конце СЛМ должны быть установлены комплекты *ПКВ* с регистрами *ВРД*.

Необходимы также данные о структуре ступеней искания *IГИМ* и *IIГИМ* (на сетях с УВСМ). Методы расчетов числа линий такие же, как изложенные ранее. Пучки СЛМ рассчитываются при потерях $p=0{,}001$.

В качестве блоков *IIIГИМ*, которыми заканчиваются на АТСК входящие СЛМ, в настоящее время принято использовать двухсвязные блоки *ГИ* 40×40×200. Следует иметь в виду, что для по-

вышения надежности входящей междугородной связи на АТСК должно быть установлено не менее двух блоков *ШГИМ*.

Число блоков *ШГИ* определяется из выражения

$$g_{\text{ШГИ}} = \left[\frac{V_{\text{вс}} + V_{\text{УВСК}} + V_{\text{УВСШ}} + \Sigma V_{\text{АТСК}} + \Sigma V_{\text{АТСДШ}}}{80} \right],$$

где $V_{\text{вс}}$ — число линий внутристанционной связи; $V_{\text{УВСК}}$, $V_{\text{УВСШ}}$ — число входящих линий от УВС координатного и шагового; $\Sigma V_{\text{АТСК}}$, $\Sigma V_{\text{АТСДШ}}$ — число входящих линий от координатных и шаговых АТС своего узлового района, соединяемых с проектируемой АТС пучками «прямых» СЛ.

Расчет ступени *АИ* по входящей связи

Расчет ступени *АИ* по входящей связи заключается в определении числа входящих шнуровых комплектов — *ВШК* и *ВШКМ* и числа блоков *CD* ступени *АИ*. Число *ВШК* можно определить по таблицам ЛОНИИС либо по методу эффективной доступности. Для каждого направления к тысячным группам ступени *АИ* выделяется доступность $D=40$, потери принимают равными 0,005.

На АТСК, построенной по схеме с одной-двумя ступенями *ГИ*, линии к тысячным группам подключаются к выходам ступени *ИГИ* обычно с доступностью $D=20$, и поэтому на ступени *ШГИ* целесообразно использовать двухсвязные блоки *ГИ*, позволяющие включить десять направлений к тысячным группам ступени *АИ* с той же доступностью $D=20$.

Поскольку $D_{\text{эфф}}$ на выходах этих блоков и на выходах блоков *ИГИ* (80×120×400), очевидно, неодинаковы, то *ВШК* следует рассчитывать по средневзвешенному значению $D_{\text{эфф}}$:

$$D_{\text{эфф}} = (Y_I D_I + Y_{II} D_{II}) / (Y_I + Y_{II}),$$

где Y_I; Y_{II} — нагрузка, поступающая на ступень *АИ* от своей АТС, от других районных АТС (через *ШГИ*); D_I, D_{II} — эффективная доступность на выходах блоков *ИГИ*, *ШГИ*.

Число *ВШКМ*, линии к которым включаются на выходах блоков 60×60×200 (или 40×40×200), рассчитывается по таблицам ЛОНИИС для полнодоступных включений при потерях, равных 0,001, поскольку число *ВШКМ* на тысячную группу, как правило, менее доступности $D=20$.

Число блоков *CD* ступени *АИ* определяется исходя из величин входящей местной и междугородной нагрузок, поступающих на каждую тысячную группу ступени *АИ*, и пропускной способности блоков $CD = Y_{CD}$:

$$g_{CD} = (Y_{\text{мест 1000}} + Y_{\text{межгор 100}}) / Y_{CD}.$$

Пропускная способность блоков *CD* Y_{CD} зависит от соотношения исходящей $Y_{\text{исх }AB}$ и входящей $Y_{\text{вх }AB}$ нагрузок сотенных блоков *AB*, поскольку промежуточные линии между звеньями *A* и *B* об-

служивают эти обе нагрузки. Чем выше исходящая нагрузка, тем меньше пропускная способность блоков *CD*. Значения Y_{CD}, рассчитанные для нормированных потерь на ступени *АИ* $p=0{,}002$, приведены в табл. 9.3.

После определения числа блоков g_{CD} по величине пропускаемой нагрузки необходимо проверить их соответствие определенному ранее числу *ВШК* и *ВШКМ* на каждую тысячную группу ступени *АИ*. Если $V_{\text{ВШК}}+V_{\text{ВШКМ}}>30g_{CD}$, то число блоков *CD* необходимо увеличить. Наибольшее число блоков *CD* на одну тысячную

Таблица 9.3

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ БЛОКОВ *CD* СТУПЕНИ *АИ*

$Y_{\text{вх 100}}$, Эрл	$Y_{\text{исх 100}}$, Эрл						
	4	5	6	7	8	9	10
4	23,1	22,8	22,5	21,9	21,3	20,7	20,1
5	21,6	21,3	20,7	20,1	19,5	18,6	17,7
6	19,5	18,9	18,3	17,7	16,8	15,9	15,0
7	18,3	17,7	16,8	16,2	15,3	14,7	13,5
8	15,0	14,1	13,2	12,3			

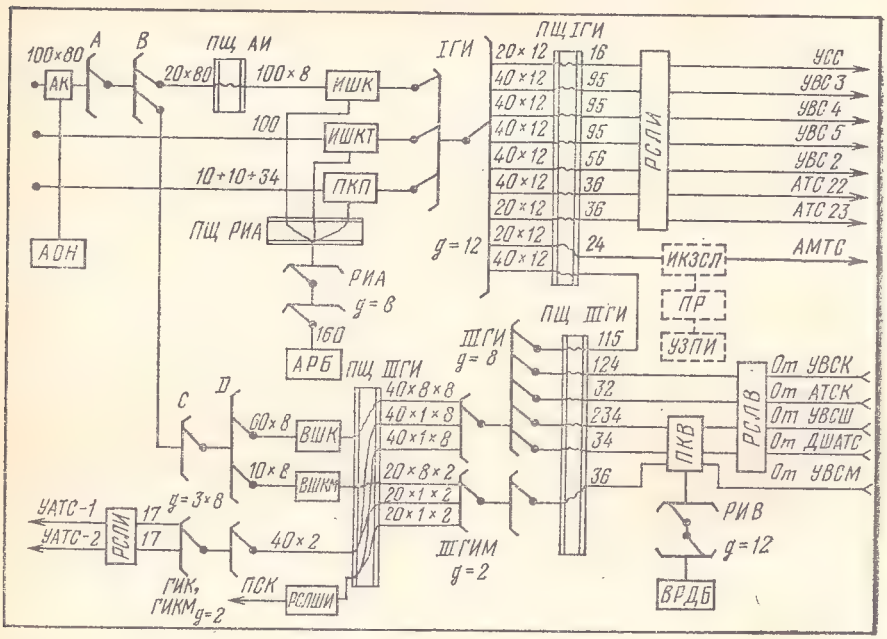


Рис. 9.14. Упрощенная функциональная схема АТСК-У (пример) емкостью 8000 номеров на сети с УВС

группу, которое предусмотрено в системе АТСК (АТСК-У), равно 4. Общее число блоков *CD* на проектируемой станции определится суммированием их числа по всем тысячным группам ступени *III*. После окончания расчетов по основному коммутационному оборудованию уточняется функциональная схема станции. Функциональная схема АТСК-У емкостью на 8000 номеров, спроектированная для городской телефонной сети с УВС при 6-значной нумерации, приведена на рис. 9.14. Общее число *УР* на сети — 4. Число станций в своем *УР* вместе с проектируемой — 5, из них одна — декадно-шаговая. Коды станций узловых районов, число блоков, линий, приборов показаны на схеме для примера.

9.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕПОЛНОДОСТУПНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Большинство расчетов, проводимых при проектировании АТС, относится к неполнодоступным включениям. Эти включения имеют место в тех случаях, когда g нагрузочных групп, каждая из которых имеет D выходов к последующему участку соединительного тракта, должны обслуживаться V линиями, причем $V<gD$. Соединения между gD выходами предыдущей ступени искания и V линиями к последующей производятся на промежуточных щитах. Так как число выходов и линий в процессе работы станции могут изменяться, то постоянные, например, кабельные соединения здесь использовать нельзя.

Схемы неполнодоступных включений АТСДШ и АТСК существенно отличаются благодаря принципиально разному способу искания. В декадно-шаговых АТС выходы нагрузочной группы занимаются всегда в одной и той же очередности, что характеризует «упорядоченное» искание. В этом случае НПД схемы делают по принципу ступенчатого включения: число нагрузочных групп, подключаемых к одной обслуживающей линии, увеличивается ступенчато с увеличением номера шага искания. В координатных АТС типа АТСК и АТСК-У занятие выходов в нагрузочных группах происходит в случайном порядке, и, следовательно, нагрузка, поступающая на каждый из D выходов, может считаться одинаковой. В этом случае схема неполнодоступного включения должна предусматривать равномерное подключение gD выходов ступени искания к V линиям обслуживающего пучка. Если, например, коэффициент уплотнения $\gamma=gD/V=3$, то это значит, что по три выхода из разных нагрузочных групп запараллеливаются и к ним подключается одна обслуживающая линия.

Поскольку в большинстве случаев γ бывает числом нецелым, то приходится некоторую часть линий (V_1) подключать к γ_1 выходов, а остальные $V-V_1=V_2$ линий — к γ_2 выходов, причем γ_1 — это целая часть числа $\gamma(\gamma_1=[\gamma])$, а $\gamma_2=\gamma_1+1$. Легко видеть, что величины V_1 и V_2 обратно пропорциональны разностям $\gamma-\gamma_1$ и $\gamma_2-\gamma$ и в таком же отношении необходимо разделить общее чис-

ло линий обслуживающего пучка V. Тогда $V_1=(\gamma_2-\gamma)V$; $V_2=(\gamma-\gamma_1)V$. Заменяя γ на gD/V, получим:

$$V_1 = V\gamma_2 - gD \text{ и } V_2 = gD - V\gamma_1.$$

Например, при $g=6$, $D=20$ и $V=50$ получаем:

$$\gamma = 6\cdot 20/50 = 2{,}4;\ \gamma_1 = 2;\ \gamma_2 = 3;$$

$$V_1 = 50\cdot 3 - 120 = 30;\ V_2 = 120 - 50\cdot 2 = 20.$$

При разработке схем равномерных неполнодоступных включений должны выполняться следующие требования.

1. Интенсивность нагрузки, поступающей на каждую нагрузочную группу, должна быть одинаковой.

2. Каждая из V линий обслуживающего пучка должна подключаться к одинаковому или отличающемуся не более чем на единицу числу выходов, взятых из разных нагрузочных групп.

3. Выходы каждой нагрузочной группы должны объединяться с выходами всех других нагрузочных групп одинаковое или отличающееся не более чем на единицу число раз.

Иными словами, число выходов i-й нагрузочной группы, объединяемых с выходами j-й группы b_{ij} и подключенных к общим b_{ij} обслуживающим линиям, должно быть по возможности одинаково для любых пар нагрузочных групп, т. е. для любых комбинаций i и j. Точно также и общее количество связей каждой нагрузочной группы со всеми остальными должно быть одинаковым или отличаться не более чем на единицу.

Запараллеливание выходов может осуществляться по схеме перехваченного включения либо по схеме перехваченного включения со сдвигом. В первом случае параллельные соединения γ_1 или γ_2 выходов осуществляются между выходами, имеющими одинаковые порядковые номера: 1, 2, ..., D (рис. 9.15*а*). Во втором слу-

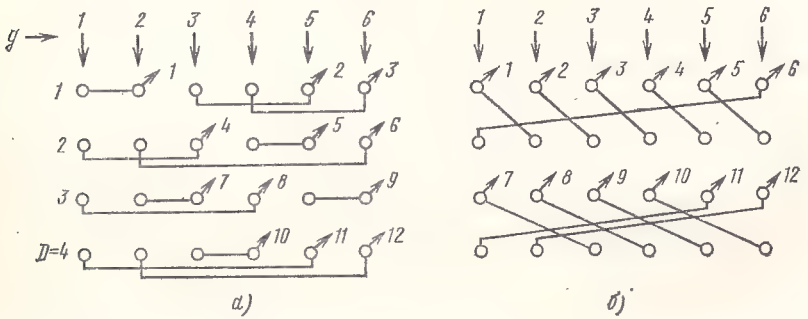


Рис. 9.15. Принципы построения схем равномерного неполнодоступного включения: $g=6$; $D=4$; $V=12$; $\gamma=2$:
а) с перехватом; *б*) с перехватом и сдвигом

чае параллельные соединения осуществляются между выходами, имеющими не одинаковые порядковые номера (рис. 9.15*б*). Если та и другая схемы удовлетворяют указанным выше требованиям, то

с точки зрения пропускной способности равномерного неполнодоступного включения обе схемы равноценны. С точки зрения упрощения монтажных работ и эксплуатационного обслуживания предпочтительнее схемы перехваченного включения.

На рис 9.16 приведена полная схема неполнодоступного включения $V=50$ линий в выходы $g=6$ нагрузочных групп при доступности $D=20$, причем 30 линий подключены к выходам двух на-

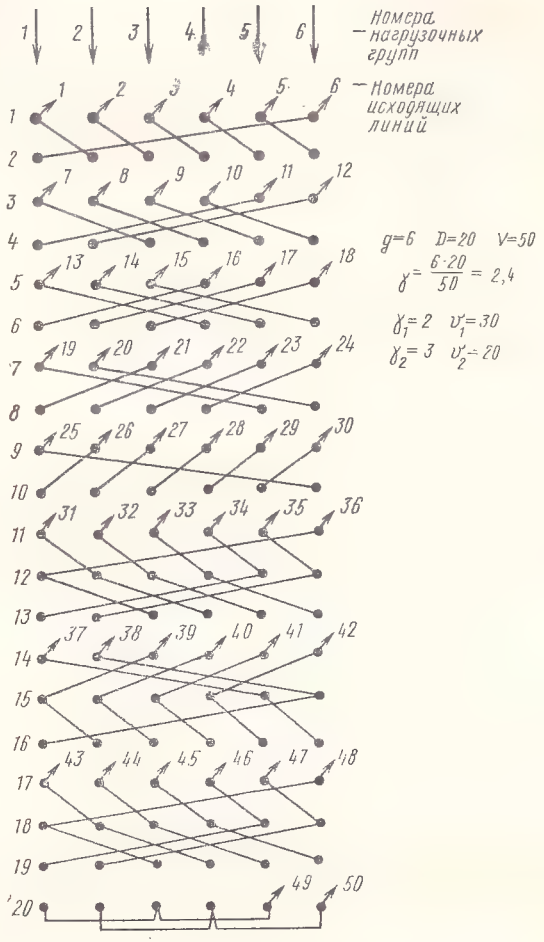


Рис. 9.16. Схема равномерного неполнодоступного включения для $g=6$; $D=20$; $V=50$

грузочных групп и 20 линий — к выходам трех нагрузочных групп. Для оценки качества разработанной схемы рекомендуется составлять матрицу связности, на которой указываются все значе-

ния b_{ij}, а также Σb_{ij} для каждой нагрузочной группы. Для схемы рис. 9.16 эта матрица имеет вид

	1	2	3	4	5	6	Σb_{ij}
1	0	6	6	6	6	6	30
2	6	0	6	6	6	6	30
3	6	6	0	6	6	6	30
4	6	6	6	0	6	6	30
5	6	6	6	6	0	6	30
6	6	6	6	6	6	0	30

Как видно из этой матрицы, схема неполнодоступного включения удовлетворяет приведенным выше требованиям 2 и 3. Если при этом будет выполняться и требование 1, то можно ожидать, что пропускная способность пучка обслуживающих линий будет соответствовать расчетной величине.

При разработке схем неполнодоступного включения пучка линий к *ИШК* в выходы блоков *АВ* необходимо распределить эти линии по схеме включения таким образом, чтобы $D=20$ выходов каждого из $g=10$ блоков *АВ* оказались подключенными равномерно по всем полублокам ступени *РИ*. Для примера на рис. 9.17

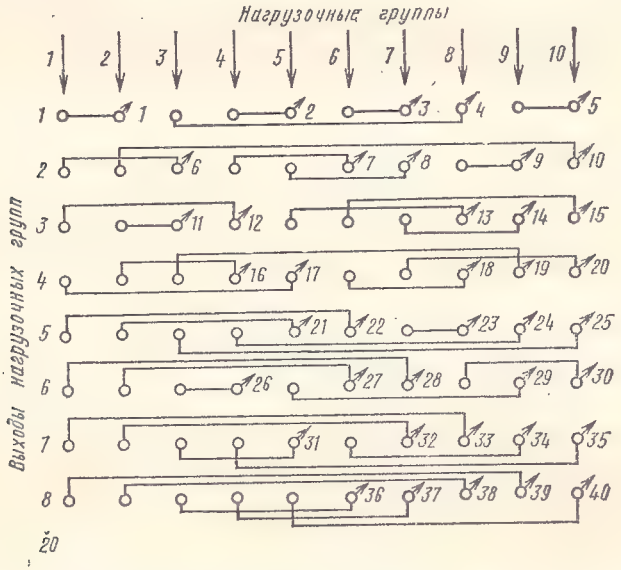


Рис. 9.17. Схема равномерного включения *ИШК* в выходы блоков *АВ* (фрагмент)

приведена часть схемы НПД включения с параметрами $g_{AB}=10$, $D=20$, $V=100$, $\gamma=2$, $g_{РИ}=5$, удовлетворяющей этому условию. На рисунке показана схема включения сорока *ИШК* к восьми

первым выходам во всех десяти нагрузочных группах. *ИШК 1—20* включены в первый полублок *РИ*, а с номерами *21—40* — во второй полублок.

Как мы видим из схемы, 1-я нагрузочная группа подключена к *ИШК 1, 6, 12, 17, 22, 28, 33* и *39*, 2-я группа — к *ИШК 1, 10, 11, 16, 21, 27, 32, 38*, ..., наконец, 10-я группа — к *ИШК 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40*, т. е. каждая из нагрузочных групп подключается через четыре *ИШК* к первому полублоку *РИ* и через четыре *ИШК* — ко второму полублоку *РИ*. Подобным же образом включаются и остальные 12 выходов всех нагрузочных групп, которые через остальные 60 *ИШК* будут подключаться к третьему, четвертому и пятому полублокам *РИ*. В практике проектирования применяются схемы равномерных НПД включений с перехватом, разработанные в ЛОНИИС для широкого диапазона параметров ($g=3, 4, ..., 20$ и $\gamma=2, 3, ..., 8$) и выполненные в виде таблиц включения.

Для схем с перехватом и сдвигом Ю. Н. Корнышевым разработан метод, названный методом «цилиндров», с помощью которого можно для заданных g, γ, D подобрать отдельные элементы схемы, из которых легко сформировать общую схему. Этот метод разработки равномерных НПД включений подробно рассмотрен в [42].

9.7. КОМПЛЕКТАЦИЯ И РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ АТСК

Состав основного оборудования

Коммутационное оборудование, приборы управления и контроля, все вспомогательное оборудование автоматических телефонных станций устанавливаются на вертикальных стативах. Стативы координатных АТС типа АТСК (АТСК-У) имеют высоту 2650 мм, ширину 722 мм и глубину 300 мм. Стативы представляют собой сварную конструкцию из двух вертикальных балок корытообразного профиля и верхней и нижней поперечных полос из листовой стали. С лицевой стороны статива устанавливается оборудование — координатные соединители и двух- и трехрядные релейные платы (ширина плат 672 мм и высота соответственно 77 и 117 мм). В средней части статива помещается несъемная общестативная плата с тремя отсеками, в которых размещены предохранители, рамки с испытательными гнездами, блокировочными кнопками, лампами, врубные колодки для подключения передвижных проверочных устройств.

Число МКС и релейных плат, устанавливаемых на стативах, различно. Оборудование стативов комплектуется таким образом, чтобы приборы, функционально связанные друг с другом, размещались бы на одном стативе и число внешних соединений статива было бы минимальным. Поэтому координатные соединители и управляющий ими маркер одного коммутационного блока размещаются на одном или на двух рядом стоящих стативах. Так ском-

плектованы стативы блоков *АВ* ступени *АИ*. На каждом установлены: пять МКС, маркер *АВ*, размещенный на четырех релейных платах, программирующее устройство аппаратуры АОН.

Оборудование, устанавливаемое на стативах, координатные соединители, релейные платы подключаются к общей схеме стативов двумя способами. Координатные соединители смонтированы «жестко» — без разъемов. Это значит, что к выводам контактного поля, головных контактов, обмоток электромагнитов непосредственно подключены провода стативных жгутов. Поэтому МКС устанавливаются на стативы и монтируются полностью на заводах-изготовителях. Замена МКС или хотя бы одной вертикали — весьма трудоемкая и сложная операция. Подобным же образом устанавливаются и некоторые маркерные релейные платы, от которых отходит большое число соединительных проводов.

Большинство релейных плат в АТСК и АТСК-У съемные. Для их включения в схему на плате и на стативах устанавливаются врубные колодки (на плате) и гнездовые колодки (на стативе). Каждая колодка имеет 20 контактов, на плате может быть размещено 6—9 таких колодок, и, таким образом, при установке релейной платы на статив к ней можно подключить 120—180 проводов стативного монтажа.

Платы приборов, построенных на электронных элементах (кодовые приемники, многочастотные генераторы и т. д.), подключаются к схемам стативов на 30-контактных разъемах. Если через контакты разъемов передаются сигналы низких напряжений (например, при передаче информации между регистрами и маркерами многочастотным кодом), то после установки платы на рабочее место врубной и гнездовой контакты таких цепей можно шунтировать пайкой.

Стативы в пределах АТС соединяются между собой при помощи телефонных станционных кабелей, чаще всего кабелей ТСВ 20×3×0,5 и ТСВ 20×2×0,5. Об объеме работ по их прокладке, разделке, расшивке, зачистке, включению и пайке дают представление такие цифры: общая протяженность станционных кабелей, приведенных к емкости 20×2, на АТСДШ емкостью 10 000 номеров составляет примерно 40 км; число концов кабеля, которые должны пройти указанные выше операции, составляет более 5000. На координатных АТС эти цифры выше. Отсюда очевидно, насколько важно для ускорения работ по монтажу АТСК и для сокращения затрат труда «индустриализовать» монтажные работы на АТС. Решение этой задачи частично предусмотрено в конструкции стативов АТСК и АТСК-У.

С этой целью в верхней части стативов размещается «гнездовое поле», к которому подведены монтажные жгуты, т. е. все провода, которые должны быть выведены за пределы статива. Гнездовое поле — это набор гнездовых колодок 20×2 (т. е. 40-проводных), устанавливаемых в количестве до 16 шт. на одной прямоугольной раме. В гнездовом поле можно разместить две такие рамы, и, следовательно, максимальное число проводов, которое можно включить через гнездовое поле статива, 40×16×2=1280. Соединения между стативами осуществляются с помощью заготовленных заранее (на заводе или в

специализированных мастерских) кусков станционного кабеля определенных размеров, с заделанными на концах врубными колодками 20×2. На некоторых стативах имеются также штифтовые поля, к которым подключены стативные провода. Отходящие кабели включаются в эти поля обычными монтажными приемами. Так соединяются выходы блоков *ГИ* с промежуточными щитами

Соединение выходов ступеней искания с входами последующей ступени или с входами релейных комплектов исходящих соединительных линий и формирование неполнодоступных пучков линий производятся на промежуточных щитах *ПЩ,* представляющих собой несложную конструкцию, в виде каркаса из полосовой стали размером 2650×722×560 мм. С обеих сторон каркаса устанавливаются рамки со штифтами, имеющие по 20 групп штифтов, от двух до семи штифтов в каждой. На одном каркасе (ячейке) *ПЩ* с каждой стороны может быть размещено пять вертикальных полос с десятью рамками в каждой. Таким образом к одной ячейке ПЩ может быть подведено по 1000 линий (5×10×20) с каждой стороны. Проводность линий — от 2 до 7.

Соединение рамок исходящей стороны, к которым подводятся выходы ступени искания, с рамками входящей стороны, к которым подводятся соединительные линии, а также запараллеливание выходов ступени искания по схеме неполнодоступного включения производятся «кроссовым» двух-или трехжильным проводом. Число ячеек *ПЩ* рассчитывают по исходящей стороне, т. е. по емкости поля предыдущей ступени искания. Все ячейки *ПЩ,* обслуживающего выходы ступени *ГИ,* располагаются в одном ряду, поскольку вход и выход, которые должны быть соединены кроссовым проводом, могут быть расположены в различных ячейках.

В одном из помещений первого этажа здания АТС установлены главные щиты переключений *ГЩП* абонентских линий и соединительных линий. Эти щиты служат для соединения стопарных кабелей, которыми заканчиваются подземные кабельные линии абонентской сети и сети СЛ, со станционным оборудованием, поэтому в *ГЩП* различают линейную и станционную стороны.

Главный щит переключений абонентских линий (кросс АЛ) — конструкция из полосовой стали, набираемая из ячеек длиной 540 мм и глубиной 795 мм. По высоте каркас может быть сделан ординарным — 2320 мм, полуторным —2920 мм или двойным — 3460 мм. На линейной стороне кросса АЛ устанавливаются защитные полосы. На каждой ячейке можно установить три полосы, каждая на 100, 150 или 200 абонентских линий в зависимости от высоты каркаса. Число ячеек кросса АЛ определяют по емкости подводимых к станции кабелей абонентских линий с учетом некоторого запаса.

Для каждой абонентской линии на защитных полосах имеются разделительные пружины, позволяющие отключить линию абонента от станционного оборудования, и защитные устройства, состоящие из термических предохранителей на ток, равный 0,25 А, и угольных разрядников на напряжение 500 В. Стальные полосы, на

которых установлены защитные устройства абонентских линий, заземляются.

На станционной стороне кросса АЛ установлены горизонтальными рядами штифтовые рамки 20×2, к которым подключаются станционные, кабели от стативов *АК* (в АТСК) или от стативов *АВ—АК* (в АТСК-У). Линейная и станционная стороны кросса АЛ соединяются между собой двухпроводным кроссовым проводом.

Главный щит переключений соединительных линий (кросса СЛ) имеет ту же конструкцию, однако поскольку соединительные линии проходят только в кабелях, прокладываемых в телефонной канализации, необходимость в разрядниках и термических предохранителях отпадает. На линейной стороне кросса СЛ устанавливаются рамки с разделительными пружинами на 60 трехпроводных линий каждая. На кроссах СЛ высотой 2320 мм на одной вертикальной полосе размещаются две такие рамки, на кроссах высотой 3460 мм — три рамки. Число ячеек кросса СЛ определяется исходя из числа соединительных линий всех назначений с учетом необходимых прямых связей, а также возможности использования кросса данной станции в качестве сетевого узла.

На станционной стороне кросса СЛ устанавливают горизонтальными рядами рамки со штифтами 20×2 или 20×3. Соединение между линейной и станционной частотами кросса делают кроссовым проводом.

Для возможности проверок и измерений параметров абонентских линий и телефонных аппаратов, а также проверок соединительных линий в кроссе устанавливают испытательно-измерительные столы.

Здания АТС, требования к техническим помещениям

Городские автоматические телефонные станции размещаются, как правило, в отдельно стоящих зданиях. Размеры зданий в плане определяются размерами основного помещения АТС — автоматного зала, в котором устанавливается все коммутационное оборудование станции. Поскольку районные АТС обычно строятся на емкости 10 000 номеров, постольку и размеры автоматного зала и, следовательно, всего здания должны соответствовать этой емкости. Можно считать, что автоматный зал АТС на 10 000 номеров должен иметь площадь порядка 500 м². Площадь здания в плане в этом случае составляет примерно 700—800 м². Ширина здания АТС определяется типом примененных строительных конструкций и бывает равной 14 или 18 м.

В зависимости от числа АТС емкостью по 10 000 номеров, которые предполагается с учетом перспективы развития разместить в данном здании, оно может иметь три-четыре, а в некоторых случаях и большее число этажей. В цокольном этаже здания АТС размещают вводную кабельную шахту, компрессорную, установки кондиционирования (или вентиляционные установки). Там же

обычно отводится помещение для аккумуляторных батарей. В первом этаже находится кросс абонентских и соединительных линий, выпрямительная, могут быть выделены помещения для линейных служб. Верхние этажи предназначаются для установки коммутационного оборудования. Например, в четырехэтажном здании может быть размещено оборудование двух районных АТС и оборудование узла входящего сообщения. На крупных сетях может быть выделено отдельное помещение линейно-аппаратного цеха (ЛАЦ), в котором устанавливают аппаратуру систем передачи. Высота автоматного зала от пола до нижней плоскости балок, перекрывающих помещения, должна быть не менее 3400 мм. Перекрытия рассчитываются на нагрузку 800 кг/м^2.

Одно из наиболее важных требований, предъявляемых к зданиям АТС, — создание в помещении станции необходимого для надежного действия оборудования микроклимата. В течение длительного времени считалось вполне достаточным ограничиваться требованиями по температуре и относительной влажности: температура в автоматном зале должна быть в пределах 18—28°С, относительная влажность воздуха при этих температурах должна быть в пределах 50—70%. В последние десятилетия началось серьезное изучение влияния окружающей среды на коммутационные устройства АТС, в частности, на контакты реле и соединителей. Это связано с наблюдающимися загрязнением атмосферы городов выхлопными газами автомобилей и выбросами промышленных предприятий, повышением общей запыленности, применением разного рода полимерных материалов. Одновременно с этим вновь изучаются конструкции открытых контактов и способы их защиты от вредных воздействий внешней среды.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество контактов, является пыль, главным образом при величине частиц менее 50 микронов. Установлено, что повышение относительной влажности, устранение попадания прямых солнечных лучей в помещения АТС уменьшают число повреждений, вызываемых пылью. С этой целью герметизируют окна автоматного зала, устраивают защитные козырьки на окнах. Во избежание проникновения наружного воздуха в автоматном зале целесообразно создавать незначительное превышение давления по сравнению со смежными помещениями.

Присутствие в воздухе некоторых газообразных веществ приводит к образованию на контактах реле и соединителей плохо проводящих пленок. В качестве примера можно привести результаты исследований влияния сероводорода: при наличии в воздухе $2 \cdot 10^{-6}$ частей сероводорода при $t = 20°$, относительной влажности 40% за 20 дней сопротивление серебряных контактов реле, имевших давление 20 г, резко увеличилось. Особо заметное влияние на качество контактов оказывает влажность воздуха. При влажности менее 40% отмечаются увеличение сопротивления контактов, увеличение уровня шумов.

Существенными с точки зрения требований, предъявляемых к помещениям АТС, являются исследования влияния на контактные системы газообразных продуктов, выделяемых некоторыми синтетическими материалами, в частности, изоляцией из поливинилхлорида, различными растворителями, покрытиями пола, некоторыми синтетическими моющими средствами.

Все указанные обстоятельства предъявляют серьезные требования не только к технологии изготовления оборудования автоматических станций. Появились новые требования к зданиям, в которых размещаются АТС к покрытиям стен, полов, потолков, к герметизации окон, системам вентиляции.

Размещение оборудования АТСК

Стативы АТС принято устанавливать рядами, параллельными меньшей (поперечной) стороне автоматного зала. При этом применяют либо двустороннее расположение рядов с центральным главным проходом и двумя боковыми проходами у продольных стен, либо одностороннее расположение рядов с двумя боковыми проходами, один из которых делается главным. В этом втором варианте в одном ряду можно разместить 20 стативов при ширине зала 18 м и 15 стативов при ширине зала 14 м. Ширина главного прохода в обоих вариантах должна быть порядка 2000 мм.

Одностороннее расположение рядов позволяет несколько лучше использовать площадь автоматного зала, главный проход у продольной стены имеет лучшую освещенность, что улучшает условия обслуживания наиболее важных общестанционных стативов *СВУ, МГ, КП,* которые должны устанавливаться у главного прохода автоматного зала.

Для обеспечения достаточных для технического обслуживания проходов между рядами стативы соседних рядов обращены друг к другу или лицевыми или монтажными сторонами. В первом случае минимальное расстояние между осями рядов принято равным 1200 мм, во втором — 800 мм. Если в ряду установлены промежуточные щиты, то расстояния между осями соответствующих рядов увеличивают до 1350 мм, а для рядов, обращенных друг к другу монтажными сторонами — до 1200 мм. При компоновке рядов стремятся к сокращению расхода станционного кабеля и к улучшению условий обслуживания. Этому способствует, в частности, сближение местоположения функционально связанных между собою устройств станции, например: стативов *АВ* ступени *АИ* и стативов *ИШК,* стативов *CD* и стативов *ВШК,* стативов *РСЛВ* и стативов блоков *III(II) ГИ* и т. п. В соответствии с этим принципом стативы, обслуживающие одну тысячную группу ступени *АИ,* собираются в один ряд. В ряду, имеющем 15 стативов, можно, например, установить 5 стативов *АК* и 10 стативов *АВ* (в АТС типа АТСК) или 10 стативов *АВ,* стативы *CD* и *ВШК* (в АТСК-У, например, три статива *CD* и два статива *ВШК).*

Стативы *ГИ* следует собирать в отдельные ряды и *ПЩ ГИ* размещать или в одном из рядов *ГИ*, или в соседнем ряду. Тоже можно сказать о стативах *III (II)ГИ*, о стативах *АР*.

Если при компоновке рядов стативами одного типа остаются свободными 2—3 места, то не следует заполнять их стативами другого типа только ради 100%-ного заполнения ряда. В таких рядах, как, например, ряды со стативами *IIIГИ, IIIГИМ*, целесообразно иметь небольшой резерв. Промежуточные щиты следует устанавливать со стороны бокового (не главного) прохода. Стативы учета нагрузки, пишущие машинки устройств автоматического контроля целесообразно выносить в отдельное, смежное с автоматным залом, помещение. Пример размещения оборудования АТСК приведен в [42].

ГЛАВА 10

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ КВАЗИЭЛЕКТРОННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ АТС

10.1. РОЛЬ ЭЛЕКТРОНИКИ В КОММУТАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ

Современный этап научно-технической революции характеризуется бурным развитием электронной техники, техники электронных вычислительных машин (ЭВМ), электронной автоматики. Большие достижения в этих областях открывают широкие возможности в технике автоматической коммутации для разработки быстродействующей, надежной и экономичной аппаратуры, отвечающей современным требованиям. Стремление использовать электронные и магнитные элементы в коммутационной технике объясняется, с одной стороны, недостатками существующих электромеханических коммутационных приборов, а с другой — новыми возможностями, которые дает применение электронных элементов.

Основными недостатками электромеханических коммутационных узлов и станций телефонных и телеграфных сетей являются: трудоемкость производства искателей, соединителей и реле, вызванная сложностью их конструкции; недостаточная скорость работы электромеханических коммутационных приборов, что особенно сказывается в системах, имеющих общие управляющие устройства; большие расходы на эксплуатацию вследствие необходимости периодической регулировки и замены деталей подвижных частей искателей, соединителей и реле; сравнительно небольшой срок службы коммутационных приборов; недостаточная надежность, большие габариты и масса; ограниченные возможности в предоставлении абонентам дополнительных видов обслуживания.

По сравнению с электромеханическими коммутационными приборами электронные и магнитные приборы имеют следующие преимущества: отсутствие подвижных частей, а следовательно, и ме-

ханических повреждений; высокое быстродействие; небольшие габариты и масса. Значительным преимуществом электронных приборов являются: высокая технологичность их производства; большая интеграция компонентов в одном корпусе; возможность использования печатного монтажа и других видов современной технологии. Указанные свойства электронных приборов позволяют разрабатывать коммутационное оборудование с лучшими характеристиками и возможностями, чем оборудование узлов и станций электромеханического типа.

Техника автоматической коммутации предъявляет к электронным и магнитным элементам целый ряд требований, основными из которых являются: постоянная готовность к действию при малом расходе электроэнергии; малые расходы на эксплуатацию; большой срок службы; высокая механическая прочность; отсутствие регулируемых и быстроизнашиваемых деталей; малое потребление электроэнергии; большие скорости работы при установлении и разъединении соединений; малая стоимость; высокая технологичность при производстве и монтаже оборудования; малые габариты и масса; достаточно высокий коммутационный коэффициент; высокая надежность.

Появление таких приборов, как транзисторы, полупроводниковые диоды, магнитные элементы с прямоугольной петлей гистерезиса ППГ и полупроводниковые (твердые) интегральные схемы, позволило использовать их для построения электронных, механоэлектронных, квазиэлектронных коммутационных узлов и станций сетей электросвязи. Особенно перспективным является использование больших интегральных электронных схем (БИС) с высокой степенью интеграции.

До последнего времени в большинстве случаев управляющие устройства АТС выполнялись как составная часть приборов коммутации (например, в АТС декадно-шаговой системы). Количество управляющих устройств в таких АТС определялось объемом коммутационных приборов, и проектирование их сводилось в основном к рациональному построению схем, обеспечивающих заданную последовательность работы коммутационного прибора (например, искателя) в процессе установления соединения. Синтез управляющих устройств сводился к синтезу индивидуальных управляющих устройств каждого коммутационного прибора.

Появление координатных коммутационных узлов (станций) с обходным принципом установления соединения позволило отделить приборы коммутации от управляющих устройств и создать централизованные управляющие устройства. Централизация управляющих устройств привела к значительному расширению их функций и, как следствие этого, к усложнению их схем, а также повышению требований к скорости работы элементов, на которых они реализуются. Так впервые возникла возможность практического использования электронных элементов, обладающих большой скоростью работы и большим сроком службы, в устройствах управления коммутационных станций. Сначала появились АТС

механоэлектронного типа, где коммутация разговорного тракта осуществляется приборами электромеханического действия (искателями или соединителями), а управление этими приборами обеспечивается полностью или частично электронными управляющими устройствами. Однако в механоэлектронных АТС полностью использовать быстродействие электронных управляющих устройств не удается в виду малой скорости работы приборов коммутации. Для согласования скорости работы электромеханических приборов коммутационной системы и управляющих устройств между ними устанавливаются согласующие (буферные) устройства.

Использование электронных элементов для коммутации разговорного тракта ограничено тем, что существующие электронные элементы не обеспечивают требуемого качества разговорного тракта и высоких технико-экономических показателей при большой емкости АТС. Вследствие этого в настоящее время ведутся работы по созданию квазиэлектронных АТС (КЭАТС), в которых коммутация разговорного тракта осуществляется быстродействующими реле с герметизированными или открытыми контактами, а для управления применяются электронные программные управляющие устройства. Кроме того, ведутся работы по созданию высококачественного и экономичного электронного контакта и изысканию таких способов построения электронных АТС, которые позволяют снизить требование к электронному контакту. Одним из таких способов является импульсное преобразование разговорных токов и импульсно-временно́е разделение каналов.

В настоящее время создаются электронные коммутационные узлы и станции, в которых применяется электронное коммутационное и управляющее оборудование. При этом информация на сети связи передается дискретными импульсными сигналами. Это позволяет использовать единую элементную базу и принципы построения каналообразующего, коммутационного и управляющего оборудования. Наметилась тенденция использования электронных управляющих машин в квазиэлектронных и электронных коммутационных станциях, что открывает широкие возможности для гибкого построения сетей связи, предоставления дополнительных видов обслуживания абонентам сети, введения и изменения категорий и приоритетов в обслуживании.

10.2. КЛАССИФИКАЦИЯ КВАЗИЭЛЕКТРОННЫХ АТС

В настоящее время ведутся интенсивные разработки по созданию и внедрению квазиэлектронных АТС различного назначения (городских, учрежденческих, сельских и междугородных).

Классификация КЭАТС может быть произведена по большому числу признаков, основными из них являются способы построения коммутационной системы *КС* и управляющих устройств *УУ*. На рис. 10.1 приведена классификация КЭАТС по указанным признакам. Основной характеристикой коммутационной системы является тип коммутационного прибора, используемого для ее построе-

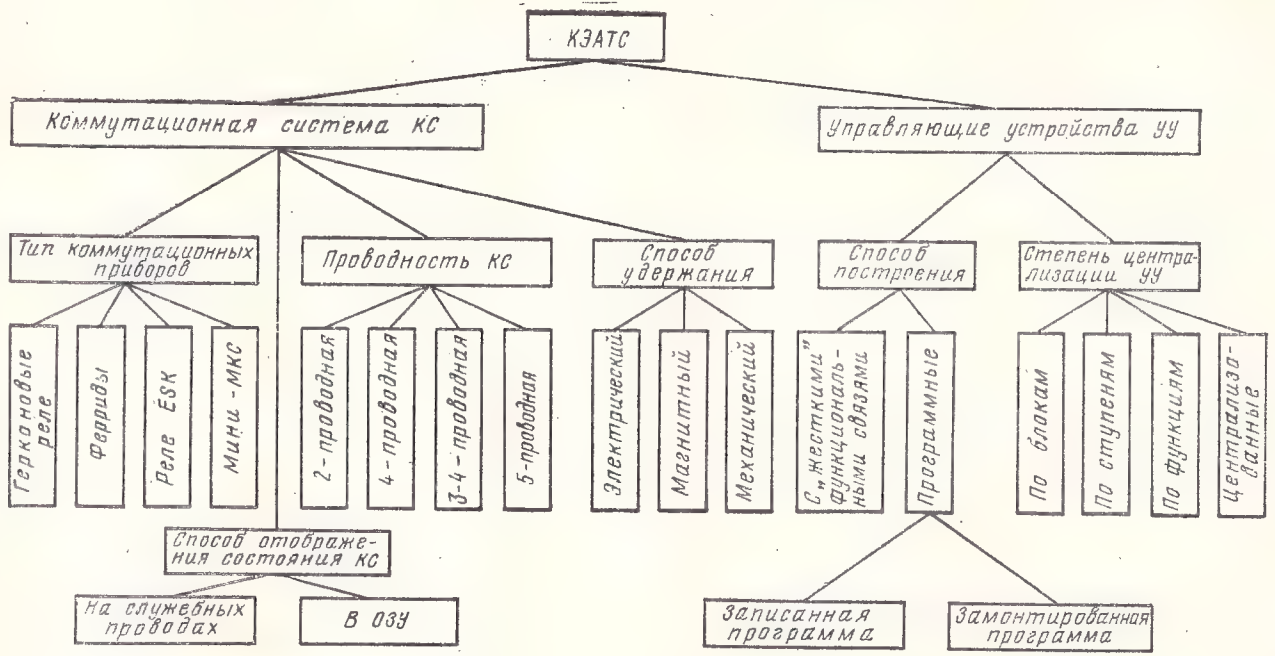


Рис. 10.1. Классификация КЭАТС

ния, проводность *КС*, способ отображения состояния *КС* и способ удержания соединения.

Для построения *КС* могут использоваться герконовые реле, ферриды, реле *ESK*, мини-МКС, объединяемые в соединители соответствующих типов, из которых строятся коммутационные блоки *КС* с требуемыми структурными параметрами.

Коммутационные системы могут иметь разную проводность линий (2, 3, 4, 5, 6 и более), которая зависит от назначения АТС, типа используемого коммутационного прибора и способа отражения состояния объектов коммутационной системы (входов, выходов, промежуточных линий, точек коммутации).

Коммутационные системы могут иметь электрический, магнитный или механический способ удержания соединения, который зависит от типа применяемого коммутационного прибора. Если в коммутационных системах применяются коммутационные приборы, не обладающие свойством памяти (например, герконовые реле), то в такой *КС* соединение удерживается электрическим путем. В тех *КС*, где используются приборы, обладающие свойством памяти (например, ферриды), удержание осуществляется магнитным способом.

В процессе установления и разъединения соединений необходимо иметь информацию о состоянии объектов *КС*, например, свободна или занята та или иная линия. Информация может храниться (записываться) либо на служебных проводах и контактах в коммутационной системе, либо в специальном оперативном запоминающем устройстве *ОЗУ*.

Под служебными проводами понимают дополнительные коммутируемые провода, по которым не осуществляется передача разговорных сигналов, а производится проба выходов, удержание соединения или выполняются другие функции в процессе установления соединения, удержания его и разъединения. При использовании оперативных запоминающих устройств проводность коммутационной системы определяется проводностью разговорного тракта (двух- или четырехпроводная *КС*).

Квазиэлектронные АТС различаются между собой по способу построения управляющих устройств. Управляющие устройства могут быть выполненными с непосредственными (иногда говорят «жесткими») связями между функциональными блоками *ФБ* или программными.

Структура *УУ* с непосредственными функциональными связями зависит от алгоритма функционирования *УУ* в процессе установления соединений и реализуется в виде автоматического устройства, логика работы которого характеризуется его схемой. Очередность работы функциональных блоков *УУ* определяется постоянными (жесткими) связями между этими блоками и закладывается при монтаже *УУ*. Подобную структуру *УУ* имеют электромеханические системы АТС, поэтому последние являются аналогами КЭАТС с непосредственными связями между блоками. Основным недостатком *УУ* с непосредственными связями между

ФБ является необходимость перемонтажа схем управляющих устройств в случае изменения алгоритма функционирования АТС.

Программные КЭАТС имеют управляющие устройства, алгоритм функционирования которых определяется специальным программным устройством, в котором заложена программа работы по установлению соединения. Если программа работы обеспечивается за счет определенных (монтажных) соединений между функциональными блоками самого программного устройства, то такие КЭАТС называют АТС *с замонтированной программой*. Для изменение программы требуется изменение (перемонтаж) соединений внутри программного устройства. Если программа работы записывается в специальном запоминающем устройстве, то в этом случае *УУ*, по существу, представляет собой специализированную электронную управляющую машину (ЭУМ), которая может строиться с использованием элементной базы и методов синтеза электронных вычислительных машин (ЭВМ). Такие АТС называют КЭАТС *с записанной программой*.

Использование программного управления в КЭАТС обеспечивает практически выполнение всех требований, которые предъявляются к современной технике автоматической коммутации и, в частности, к автоматической телефонной связи. Эти требования следующие:

возможность оперативного изменения алгоритмов функционирования управляющих устройств, вызываемого, например, необходимостью предоставления абонентам дополнительных видов обслуживания, присвоения им различных категорий обслуживания и приоритетов, введения в случае необходимости ограничений в отдельных видах связи;

увеличения скорости выполнения процессов управления соединениями, что особенно важно для автоматизации междугородной и международной связи;

возможность создания узлов и станций коммутации большой емкости (городские АТС емкостью несколько десятков тысяч номеров и АМТС емкостью несколько тысяч каналов), что необходимо в условиях быстрого увеличения телефонной плотности и широкой автоматизации междугородной связи;

введение программ контроля и диагностики работы оборудования АТС, что существенно облегчает процесс технического обслуживания АТС и повышает производительность труда обслуживающего технического персонала;

возможность организации динамического управления сетями связи с целью оперативного управления потоками информации.

Выполнение перечисленных технических требований КЭАТС с программным управлением должны обеспечиваться при одновременном снижении капитальных затрат на изготовление, установку и монтаж оборудования за счет автоматизации процесса производства, применения прогрессивной технологии производства, а также за счет автоматизации монтажных работ и тренировки.

Квазиэлектронные АТС по сравнению с электромеханическими обеспечивают большие возможности при построении телефонных сетей, так как являются более гибкими системами. Кроме того, КЭАТС имеют меньшие габариты, поэтому требуют меньших площадей и кубатуры зданий, меньших затрат на электроэнергию и на эксплуатационное обслуживание.

Оборудование КЭАТС состоит из следующих основных частей (рис. 10.2): коммутационной системы, различного вида комплек-

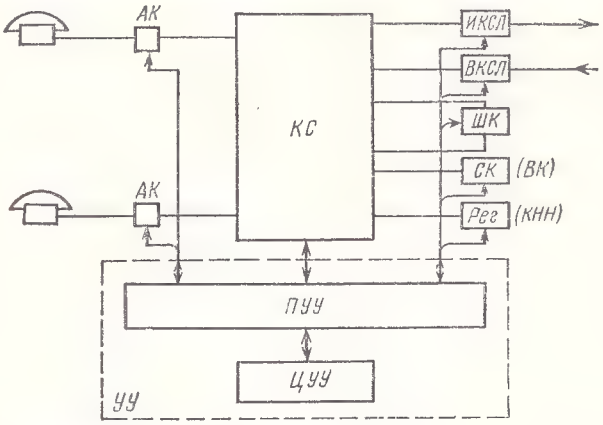


Рис. 10.2. Функциональная схема КЭАТС

тов, регистров и управляющего устройства. Коммутационная система *КС* предназначена для установления соединений между линиями (или каналами), включенными в ее входы и выходы. Комплекты, включенные в *КС*, предназначены для передачи и приема управляющих и линейных сигналов. Комплекты подразделяются на абонентские *АК*, связанные через абонентскую линию с телефонным аппаратом абонента; шнуровые *ШК*, служебные *СК* или вспомогательные *ВК*, регистры *Рег* или комплекты набора номера *КНН*, комплекты входящих *ВКСЛ* и исходящих *ИКСЛ* соединительных линий. Управляющее устройство КЭАТС состоит из центрального управляющего устройства *ЦУУ* и периферийных управляющих устройств *ПУУ*. Последние представляют собой промежуточное оборудование, обеспечивающее взаимную работу *КС* с включенными в нее комплектами и *ЦУУ* и предназначенное для согласования временны́х и электрических параметров сигналов, которыми обмениваются между собой *КС* и *ЦУУ*.

Центральное управляющее устройство представляет собой комплекс оборудования, в который входит программное устройство. Этот комплекс обеспечивает вместе с *ПУУ* управление установлением соединения на АТС в соответствии с заданной программой.

10.3. КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ КВАЗИЭЛЕКТРОННЫХ АТС

В квазиэлектронных АТС для построения коммутационной системы применяются малогабаритные быстродействующие коммутационные приборы с электрическим, магнитным или механическим удержанием контактов в рабочем состоянии после установления соединения. Из этих приборов выполняются коммутационные блоки с требуемыми структурными параметрами. Коммутационные блоки соединяются между собой определенным образом, образуя коммутационную систему АТС. К коммутационным приборам с электрическим удержанием относятся герконовые реле и реле типа ESK.

В зависимости от назначения и условий работы в квазиэлектронных АТС и АМТС предполагается использование двух видов герконов: герконов массового применения с длиной стеклянного баллона 27 мм и герконов повышенной мощности с длиной баллона 36 мм [47]. Первые предназначены для построения соединителей, используемых в коммутационных системах, абонентских и шнуровых комплектов, а вторые используются в тех случаях, когда мощности или пропускаемые токи выше, чем это допустимо для герконов с длиной баллона 27 мм.

Герконовые реле могут иметь одну или две обмотки. В однообмоточных герконовых реле одна и та же обмотка используется как для срабатывания, так и для удержания реле в рабочем состоянии. Если герконовое реле имеет две обмотки, то одна из них используется для включения реле, а вторая — для удержания реле в рабочем состоянии.

Из отдельных герконовых реле выполняется многократный герконовый соединитель (МГС), представляющий собой простейший коммутационный блок-коммутатор. Соединитель характеризуется параметрами: числом входов n, числом выходов m и проводно-

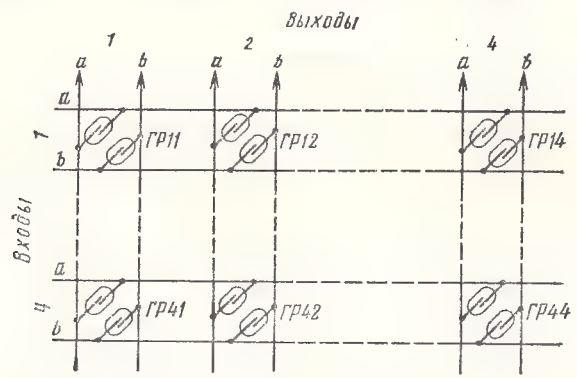


Рис. 10.3. Схема соединения герконов в двухпроводном МГС емкостью 4×4

стью ρ. Схема коммутации двухпроводного (ρ=2) разговорного тракта герконового соединителя с параметрами $n=4$ и $m=4$ представлена на рис. 10.3. Для соединения, например, входа *1* с выходом *4* необходимо обеспечить включение герконового реле *ГР 14* в точке коммутации, характеризуемой координатами входа и выхода.

Для построения МГС могут использоваться герконовые реле как с двумя, так и с одной обмоткой. Схема соединения двухобмоточных герконовых реле в МГС представлена на рис. 10.4*а*.

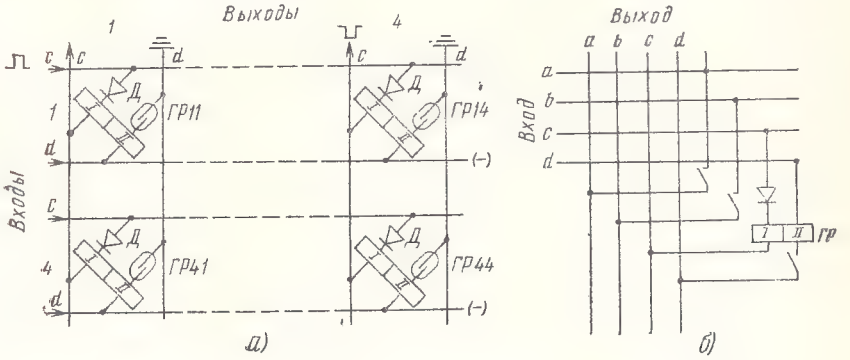


Рис. 10.4. Схема включения обмоток в МГС:
а) в соединителе емкость 4×4; *б)* в точке коммутации

Для срабатывания требуемого реле необходимо пропустить ток через его первую обмотку. Так, для срабатывания реле *ГР 14* необходимо подать импульс тока положительной полярности на горизонтальный провод *с* входа *1* и одновременно импульс тока отрицательной полярности на вертикальный провод *с* выхода *4*. После срабатывания реле *ГР 14* удерживает за счет протекания тока по второй обмотке через собственный контакт в проводе *d*. Диоды в цепях обмоток *1 ГР* необходимы для развязки электрических цепей срабатывания. После срабатывания реле *ГР 14* через его контакты в проводах *a* и *b* (см. рис. 10.3) образуется соединение (разговорный тракт) между входом *1* и выходом *4*. На рис. 10.4*б* показана схема включения двухобмоточного реле в точке коммутации.

При использовании в МГС однообмоточных реле одна и та же обмотка используется как для срабатывания, так и для удержания реле (рис. 10.5*а*). Срабатывание реле осуществляется по такой же цепи, как и в схеме рис. 10.3. Реле в рабочем состоянии удерживает через собственный контакт в проводе *d*. При этом на проводе *с* выхода должен поддерживаться сигнал отрицательной полярности. Следовательно, провод *с* используется как для включения, так и для удержания реле. На рис. 10.5*б* показана схема включения однообмоточного геркового реле в точке коммутации.

В многозвенных *КС* для образования цепей удержания герконовых реле используются схемы параллельного и последовательного включения. При последовательном включении обмоток число звеньев ограничено допустимой величиной напряжения и током удержания. Параллельное включение обмоток удержания не имеет указанного недостатка, однако требует более дорогих реле

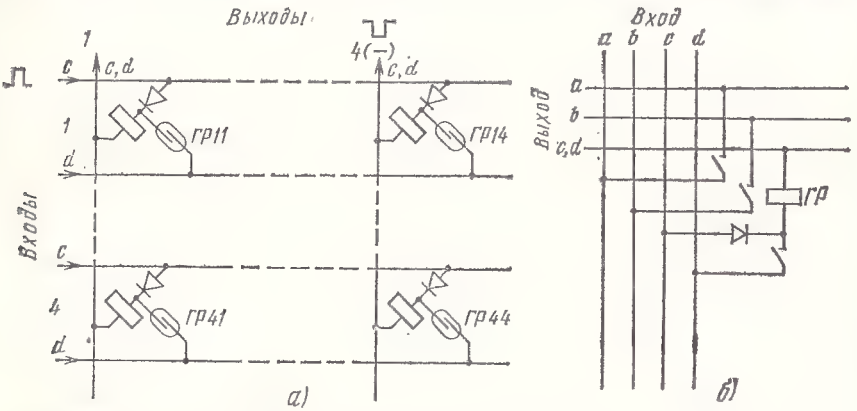


Рис. 10.5. Схема включения обмоток в МГС с однообмоточными реле: *а)* в соединителе емкость 4×4; *б)* в точке коммутации

из-за необходимости иметь на каждом реле две обмотки. Тот или иной тип герконовых реле при построении МГС выбирается при разработке КЭАТС в соответствии с ее назначением.

При построении КС с электрическим удержанием имеет место значительный расход электроэнергии, поскольку при каждом соединении в рабочем состоянии находятся обмотки удержания реле на каждом из звеньев коммутации. С целью уменьшения расхода электроэнергии для образования условий удержания в *КС* используются герконовые реле с магнитной блокировкой, получившие название ферридов.

Из отдельных ферридов выполняется многократный ферридовый соединитель (МФС), который в каждой точке коммутации имеет феррид с соответствующим числом контактов. Схема коммутации разговорного тракта в МФС аналогична схеме коммутации в герконовом соединителе. Соединение обмоток в МФС, имеющем четыре входа и четыре выхода, приведена на рис. 10.6. Для МФС с указанными структурными параметрами требуется 16 ферридов, которые располагаются в четырех горизонтальных и четырех вертикальных рядах. В каждом горизонтальном ряду обмотки *X* и в каждом вертикальном ряду обмотки *Y* соединены последовательно. Обмотки всех горизонталей и обмотки всех вертикалей запараллелены и соединены друг с другом. Для управления работой ферридного соединителя используется общий импульсный генератор *ИГ*, который может быть подключен к любой го-

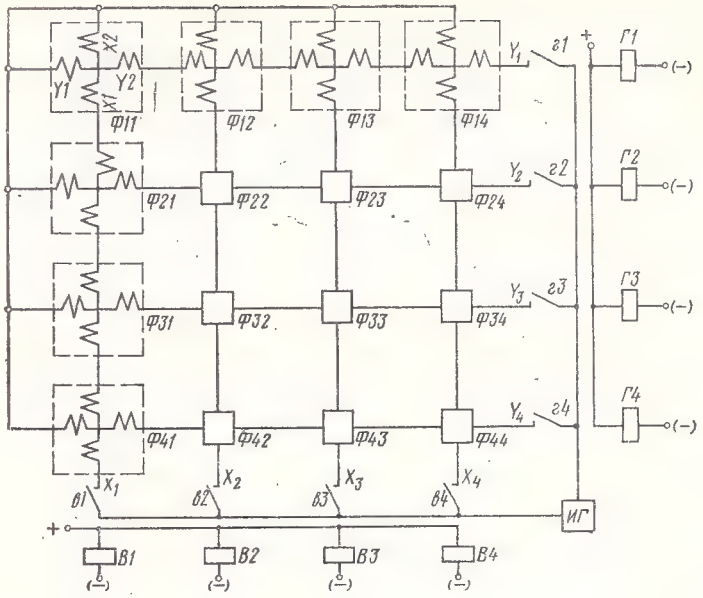


Рис. 10.6. Схема соединения обмоток в МФС

ризонтали при помощи реле *Г1—Г4* и к любой вертикали посредством реле *В1—В4*. Если в МФС требуется установить соединение, например, входа *1* с выходом *4*, то необходимо обеспечить включение обмоток феррида *Ф14*, расположенного на пересечении первой горизонтали и четвертой вертикали. Для этого необходимо одновременно включить реле *Г1* и *В4*, которые замкнут свои контакты, и импульс тока от генератора *ИГ* синхронно и синфазно пройдет через обмотки *X* и *Y* феррида *Ф14*, который замкнет свои контакты. При этом в ферридах *Ф11, Ф12, Ф13* первого горизонтального ряда ток пройдет только по обмоткам *Y*, а в ферридах *Ф24, Ф34, Ф44* четвертого вертикального ряда — только по обмоткам *X*. Поэтому в последовательной цепи из восьми ферридов сработает только один, у которого ток прошел по обеим обмоткам (в данном случае это будет феррид *Ф14*). После прекращения управляющего импульса и размыкания цепей реле *Г1* и *В4* феррид *Ф14* за счет остаточного намагничивания остается в рабочем состоянии без потребления тока, т. е. обеспечивается магнитное удержание установленного соединения.

Одной из особенностей ферридового соединителя является то, что если какие-либо из ферридов до момента включения *ИГ* находились в состоянии с переключенными контактами, то при прохождении импульса тока только через одну обмотку (*X* или *Y* безразлично) происходит перемагничивание сердечников, в результате чего контакты этих ферридов размыкаются. Это свойство ферридов устраняет опасность двойных соединений, поскольк-

ку автоматически обеспечивается установление всегда только одного соединения по любому горизонтальному и вертикальному ряду, и позволяет не иметь специальных сигналов отбоя, что существенно упрощает процесс управления коммутационной системой. Однако это свойство ферридового соединителя требует записи информации о состоянии входов и выходов (или точек коммутации) в специальном запоминающем устройстве, поскольку после окончания соединения контакты феррида могут оставаться некоторое время (до установления нового соединения в соответствующем горизонтальном или вертикальном ряде соединителя) в рабочем положении, хотя вход и выход уже считаются свободными и могут заниматься для нового соединения. Следовательно, информация об освобождении входа и выхода должна быть передана в *ЗУ*.

Для управления работой феррида требуются импульсы тока большой мощности, поэтому амплитуда импульса достигает 10 А. Длительность управляющего импульса для включения феррида составляет 10—100 мкс и определяется только временем перемагничивания магнитной системы, так как после прекращения управляющего импульса движение контактных пружин до момента замыкания происходит под действием остаточной магнитной индукции.

Разновидностью монгократного соединителя с магнитным удержанием является *многократный интегральный соединитель* (МИС), который отличается от МФС тем, что магнит (из полутвердого магнитного материала) в выбираемой точке коммутации намагничивается по способу безгистерезисного намагничивания [7].

Для этого в одну из управляющих обмоток подается прямоугольный импульс тока, а во вторую — серия знакопеременных затухающих импульсов тока. При сложении магнитных полей, создаваемых управляющими токами, магнит намагничивается по безгистерезисной кривой. Начальная амплитуда переменного затухающего магнитного поля должна быть достаточной для насыщения магнита. Таким образом, магниты соединителя, на которые одновременно воздействует постоянное магнитное поле $H_р$ и переменное затухающее магнитное поле, намагничиваются; магниты, на которые воздействует только поле $H_р$, сохраняют свое состояние, а магниты, на которые воздействует только переменное затухающее магнитное поле, размагничиваются. На рис. 10.7*а* показаны: основная кривая намагничивания *1* и безгистерезисная кривая *2*. Величина магнитного поля H_2, при котором начинается намагничивание по основной кривой намагничивания, значительно превышает величину магнитного поля H_1, при котором заканчивается намагничивание по безгистерезисной кривой. Это позволяет иметь больший допуск при выборе величины поля $H_р$ (рабочий номинал) между значениями H_1 и H_2. Размагничивание магнита производится только при воздействии серии знакопеременных затухающих импульсов тока. На рис. 10.7*б* показан принцип

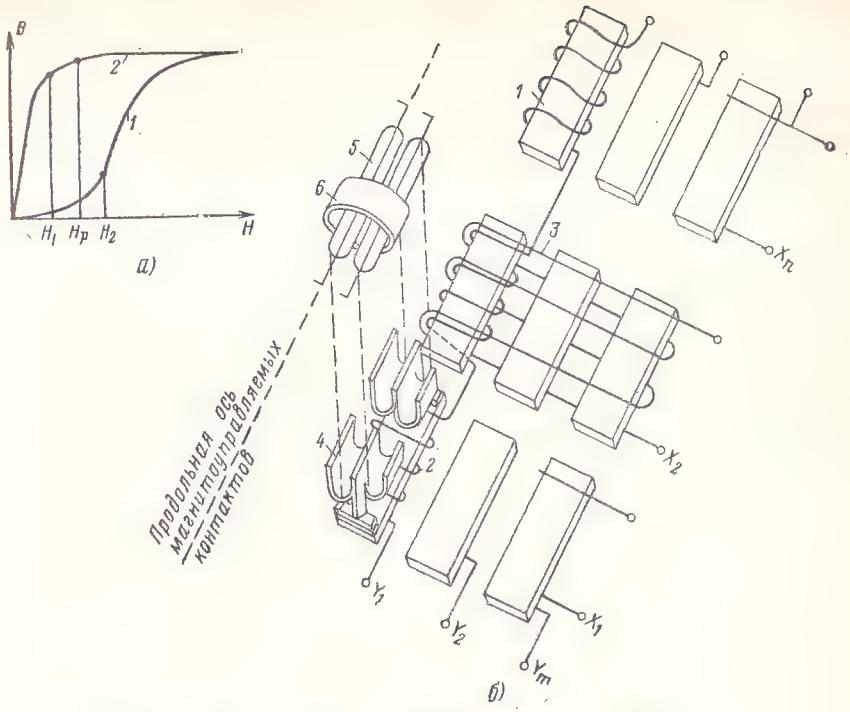


Рис. 10.7. Многократный интегральный соединитель МИС: *а)* кривая намагничивания; *б)* конструкция

конструктивного выполнения МИС. В каждой точке коммутации установлены магниты *1*, магнитопроводы *4*, в которые помещаются герконы *5*, управляющие обмотки *2* и *3*. На герконы надето короткозамкнутое кольцо *6* из материала с высокой электропроводностью. Магнитопроводы из полутвердого магнитного материала охвачены обмотками управления *X* и *Y*. Управляющие обмотки *2* (обмотки *Y*) соединяются последовательно в каждом ряду и выводятся на управляющие входы соответственно Y_1, Y_2, ..., Y_m. Управляющие обмотки *3* (обмотки *X*) наматываются общими для каждого ряда герконов и выводятся на управляющие входы *X* соответственно X_1, X_2, ..., X_n. Обмотки используются для управления переключением герконов в точке коммутации. После прекращения управляющих сигналов герконы остаются в переключенном состоянии за счет остаточного намагничивания магнита.

Для размыкания герконов в точке коммутации на одну из управляющих обмоток подается серия знакопеременных затухающих импульсов, обеспечивающих размагничивание магнита.

В конструкции интегрального соединителя имеются две платы с печатным монтажом — плата магнитной системы с обмотками и плата герконов. При сборке МИС обе платы крепятся вместе так,

чтобы герконы входили в магнитопроводы платы магнитной системы.

При объединении коммутационных элементов (герконов) в соединитель наблюдаются взаимные влияния между ними, что существенно снижает коэффициенты запаса по магнитодвижущей силе МДС и токам управления. Величина этого влияния зависит от расстояния между герконами соседних точек коммутации. Наибольшее влияние имеет место в направлении, перпендикулярном продольным осям магнитов и герконов вследствие того, что магнитная проводимость воздушных промежутков в этом направлении намного больше, чем других. Поэтому знакопеременные затухающие импульсы подаются в обмотки X, расположенные в направлении наибольшего влияния между коммутационными элементами. Благодаря этому удается резко уменьшить эффект взаимного магнитного влияния. Для устранения возможности кратковременного срабатывания герконов во время действия только переменного затухающего магнитного поля в конструкции МИС предусмотрено короткозамкнутое кольцо *6*. Эффективность защиты зависит от сопротивления кольца, т. е. электропроводности материала и поперечного сечения. При выбранных размерах кольца допустима длительность управляющих импульсов, подаваемых в обмотку *X* до 200 мкс.

Многократные интегральные соединители выпускаются в двух модификациях: МИС-10 — четырехпроводной емкостью 4×4 и МИС-11 — двухпроводной емкостью 4×8. Габариты соединителя 215×182×18 мм, масса — 900 г. Соединитель типа МИС предназначен для коммутации цепей, по которым может передаваться как аналоговая, так и дискретная информация.

Разновидностью многократного герконового соединителя с магнитным удержанием является соединитель, в котором в точке коммутации установлен гезакон. *Гезакон* — это герметизированный запоминающий контакт (в американской литературе такие контакты называют ремридами, а в японской — меморидами). В гезаконе роль переменных магнитов выполняют сами контактные пружины, которые изготовляются из магнитного сплава с коэрцитивной силой 20—30 Э [43]. В процессе работы гезаконов направление намагниченности их пружин может меняться под действием кратковременных магнитных полей, возбуждаемых управляющими импульсами тока в обмотках. Под воздействием импульсов тока одного направления обе пружины оказываются намагниченными в одном и том же направлении, а при импульсе другого направления они намагничиваются в противоположных направлениях. В первом случае контактные пружины окажутся замкнутыми, а во втором — разомкнутыми. Оба состояния гезакона устойчивы, так как в замкнутом и в разомкнутых состояниях гезакон может находиться сколь угодно длительное время, поскольку его контактные пружины намагничены в том или ином направлении. Точка коммутации, выполненная на гезаконах, имеет ряд преимуществ по сравнению с точкой коммутации на ферридах:

меньшие размеры, меньшее число деталей, лучшую технологичность, в несколько раз меньшие токи управления и импульсные помехи.

10.4. ПОСТРОЕНИЕ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КВАЗИЭЛЕКТРОННЫХ АТС

Коммутационная система КЭАТС строится по звеньевому принципу с использованием соединитей того или иного типа. На основе соединителей создаются более крупные коммутационные блоки с требуемыми структурными параметрами для построения коммутационной системы АТС. Параметры соединителей на различных звеньях *КС* могут быть неодинаковыми. Наиболее распространенными являются соединители емкостью 2×2, 2×4, 4×4, 4×8, 8×8, несколько реже используются соединители 8×16 и 16×16. При разработке структуры коммутационной системы АТС учитываются: емкость и назначение АТС, тип используемого соединителя, пропускаемая нагрузка, допустимая величина потерь сообщения, способ построения электронных управляющих устройств, алгоритм управления установлением соединения.

Для построения *КС* в квазиэлектронной АТС используются коммутационные блоки двух разновидностей: блоки смешивания и блок концентрации.

Блок смешивания имеет одинаковое число входов и выходов и предназначен для смешивания нагрузки. На рис. 10.8*а* приве-

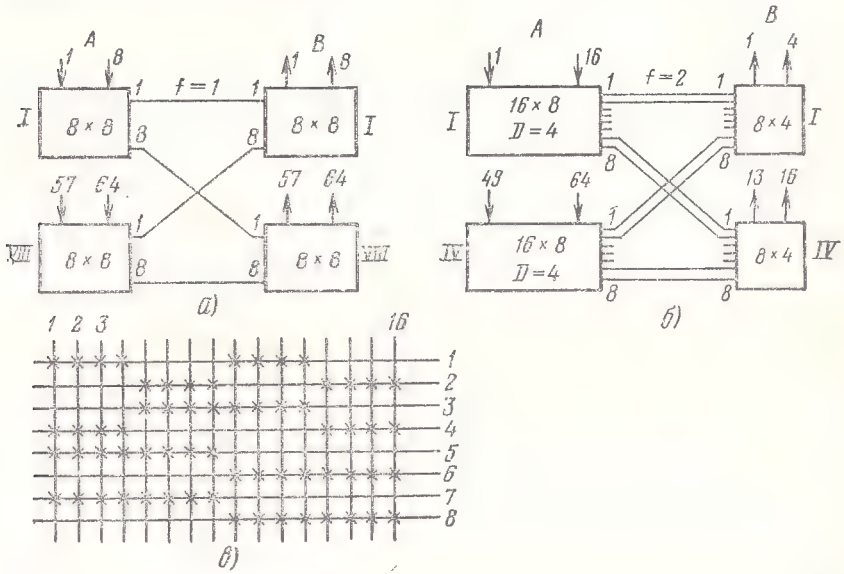


Рис. 10.8. Коммутационные блоки:
а) смешивания 64×64×64; *б)* концентрации 64×32×32; *в)* блок 16×8 с $D=4$

дена схема двухзвенного блока смешивания с параметрами 64×64×64, построенного на соединителях 8×8. Блок смешивания имеет следующие структурные параметры: общее число входов $N=64$, число промежуточных линий $V_{AB}=64$, общее число выходов $M=64$, коэффициент связности между коммутаторами звеньев A и B $f=1$ и коэффициент концентрации $\sigma=M/N=1$. Число входов в каждый коммутатор звена A $n_A=8$, число выходов из каждого коммутатора звена A $m_A=8$, число коммутаторов на звене A $k_A=8$. Число входов в коммутатор звена B $n_B=8$, число выходов $m_B=8$ и число коммутаторов $k_B=8$.

На рис. 10.8*б* представлена схема двухзвенного блока концентрации, предназначенного для перехода от 64 входов к 16 выходам, что обеспечивает концентрацию нагрузки на выходах блока (4:1). В этой схеме на звене A используются четыре однозвенных неполнодоступных блока 16×8 с доступностью 4 (рис. 10.8*в*). На звене B имеется четыре соединителя 8×4. Параметры блока концентрации, приведенного на рис. 10.8*б*, следующие: $N=64$, $V_{AB}=32$, $M=16$, $f=2$ и $\sigma=M/N=0{,}25$. Приведенный блок концентрации рассчитан на пропускание удельной нагрузки 0,1 Эрл. Для большей удельной нагрузки используются двухзвенные блоки с меньшей концентрацией ($N=32$, $V_{AB}=16$, $M=16$, $\sigma=0{,}5$).

Блоки смешивания и концентрации могут иметь другие структурные параметры и быть построены с использованием соединителей бóльшей или меньшей емкости.

В коммутационных системах АТС большой емкости городского типа применяются два типа коммутационных блоков, построенных из блоков концентрации и смешивания: блок абонентских линий *БАЛ* и блок соединительных линий *БСЛ*. Четырехзвенный блок абонентских линий (рис. 10.9) имеет следующие структур-

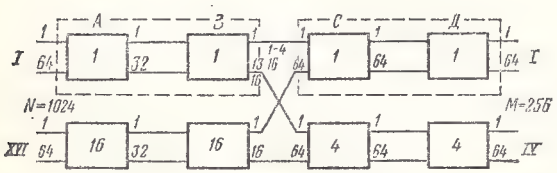


Рис. 10.9. Блок абонентских линий *БАЛ*

ные параметры: $N=1024$, $V_{AB}=512$, $V_{BC}=V_{CD}=256$, $M=256$, $\sigma=M/N=0{,}25$. При этом на звеньях A и B используются 16 блоков концентрации вида, приведенного на рис. 10.8*б*. На звеньях C и D используются четыре блока смешивания 64×64×64 (см. рис. 10.8*а*).

Блок соединительных линий (рис. 10.10) также имеет четырехзвенную структуру 256×256×256×256×256 и построен на основе блоков смешивания 64×64×64 (см. рис. 10.8*а*). Число блоков *БАЛ* и *БСЛ* зависит от емкости АТС. Блочное построение коммутационной системы позволяет наращивать емкость АТС блока-

ми путем добавления последних по мере развития емкости АТС.

Для учрежденческих и сельских АТС, имеющих, как правило, небольшие емкости, используются двухзвенные блоки *БАЛ* и

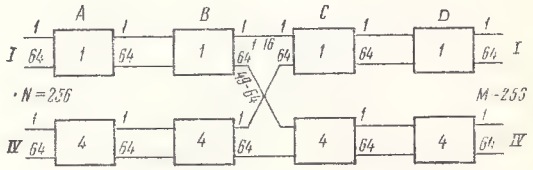


Рис. 10.10. Блок соединительных линий *БСЛ*

БСЛ. Так, для АТС емкостью 2048 могут использоваться двухзвенные блоки *БАЛ* типа 256×128×64 (рис. 10.11*а*) и блоки *БСЛ*

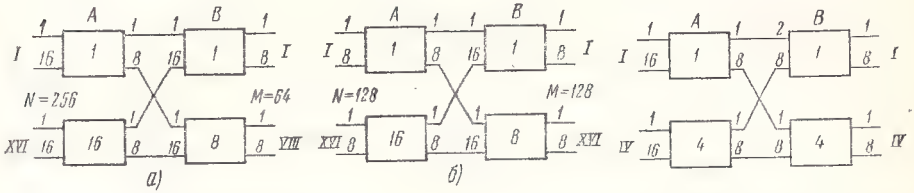


Рис. 10.11. Двухзвенные блоки: *а) БАЛ; б) БСЛ*

Рис. 10.12. Структура *БАЛ* 64×32×32

типа 128×128×128 (рис. 10.11*б*). С помощью таких блоков можно обеспечить следующие градации емкости АТС: 512, 1024, 2048. Для АТС малой емкости от 64 до 256 номеров могут использоваться двухзвенные блоки *БАЛ* типа 64×32×32 (рис. 10.12) и двухзвенные блоки *БСЛ* типа 64×64×64 (см. рис. 10.8*а*). Число этих блоков определяется емкостью АТС.

Таким образом, коммутационная система квазиэлектронной АТС комплектуется из требуемого числа коммутационных блоков *БАЛ* и *БСЛ*, которые соединяются между собой через промежуточные щиты. На рис. 10.13 для примера представлена одна из возможных структурных схем коммутационной системы КЭАТС. В блоки *БАЛ* с одной стороны включаются абонентские комплекты *АК*, а с другой — шнуровые комплекты *ШК* и промежуточные линии (ПЛ) к блокам *БСЛ*. Блок абонентских линий обеспечивает концентрацию и смешивание нагрузки, поступающей от абонентов АТС. Шнуровые комплекты включаются на промщите *ПЩ* таким образом, что часть *ШК* обслуживает соединения, устанавливаемые между абонентскими линиями одного и того же блока, а часть *ШК* обслуживает межблочные соединения. Блок соединительных линий является блоком смешивания. В блоки *БСЛ* включаются линейные комплекты исходящих *ИКСЛ* и входящих *ВКСЛ* соединительных линий, а также служебные комплекты и регистры (или комплекты приема импульсов набора номера вы-

зываемого абонента). Блоки *БАЛ* и *БСЛ* соединяются между собой на *ПЩ* таким образом, что каждый блок *БАЛ* соединяется с каждым блоком *БСЛ*.

Для осуществления транзитных соединений между блоками *БСЛ* предусмотрены межблочные линии, с помощью которых устанавливаются соединения между соединительными линиями СЛ, включенными в разные блоки. Кроме того, предусматриваются

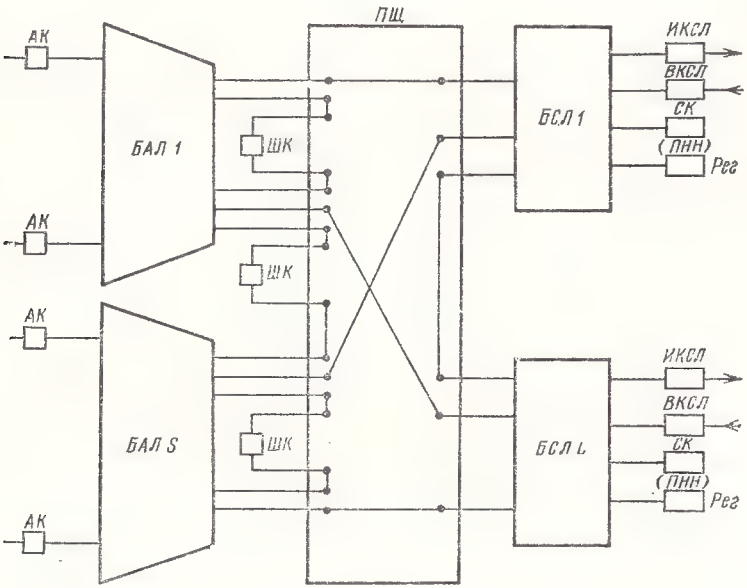


Рис. 10.13. Схема включения линий в *БАЛ* и *БСЛ*

пучки внутриблочных линий для транзитных соединений через один какой-либо блок *БСЛ*. Для исходящих и входящих соединений в выходы блоков *БСЛ* включаются комплекты *ИКСЛ* и *ВКСЛ*, из которых получают питание микрофоны ТА вызывающего и вызываемого абонентов данной АТС.

В зависимости от структуры блоков *БАЛ* и *БСЛ* и способов включения комплектов соединение через коммутационную систему устанавливается через разное число звеньев. Так, для структуры блоков *БАЛ* и *БСЛ* в соответствии с рис. 10.9 и 10.10 соединения устанавливаются через восемь звеньев, а для структуры *БАЛ* и *БСЛ* в соответствии с рис. 10.11*а* и *б* — через четыре звена.

10.5. ПОСТРОЕНИЕ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ АТС

Для построения коммутационной системы и управляющих устройств электронных коммутационных узлов могут быть использованы бесконтактные элементы с двумя устойчивыми состояния-

ми. Принципы действия таких элементов основаны на различных физических явлениях в вакууме, в полупроводниках, в газах, в ферромагнитах и т. д. Во всех этих случаях используется нелинейная зависимость между физическими величинами, дающая возможность создать скачкообразный переход элемента из одного состояния в другое. Одно состояние является проводящим (открытым), а второе — непроводящим (закрытым), причем время перехода из одного состояния в другое весьма мало.

В качестве элементов для образования двух состояний электрической цепи могут использоваться (рис. 10.14): электронные

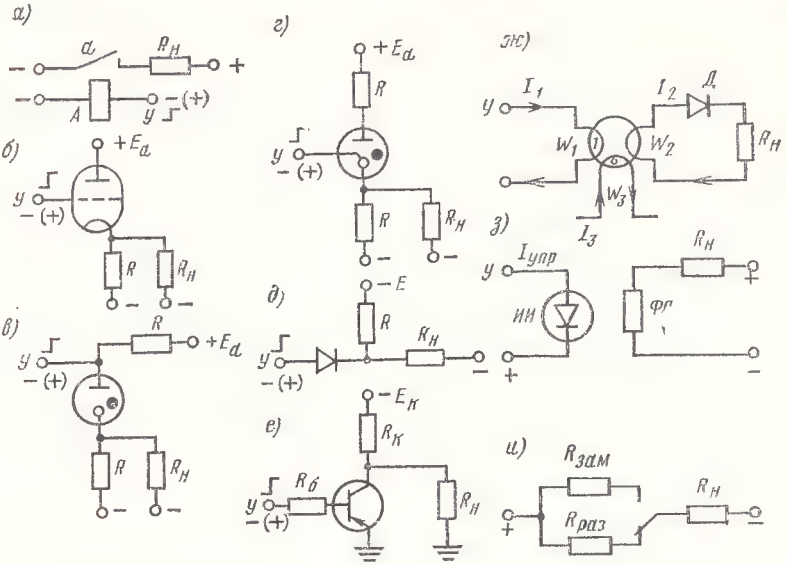


Рис. 10.14. Двоичные коммутационные элементы:
а) электромагнитное реле; *б)* электронная лампа; *в)* газоразрядный диод; *г)* тиратрон; *д)* полупроводниковый диод; *е)* транзистор; *ё)* магнитный элемент; *з)* оптрон; *и)* эквивалентная схема

лампы, лампы с холодным катодом — диоды и триоды (тиратроны), транзисторы, полупроводниковые диоды, магнитные элементы (ферриты), оптроны и др. Все эти элементы позволяют производить замыкание и размыкание электрической цепи нагрузки $R_н$ немеханическим путем и выполняют ту же задачу, что и релейные контакты (рис. 10.14*а*). Управление элементами осуществляется подачей соответствующего напряжения или тока на управляющий вход *У* (в скобках показан потенциал рабочего состояния, а без скобок — исходного состояния). Принцип действия элементов изучается в курсах «Микроэлектроника», «Основы дискретной автоматики».

Приведенные на рис. 10.14 элементы не обладают в полной мере свойствами релейного контакта, который имеет практически

бесконечное сопротивление в разомкнутом состоянии и малое (почти нулевое) сопротивление в замкнутом состоянии. В электронных, ионных и магнитных элементах сопротивление в закрытом состоянии велико, однако небесконечно, а в открытом состоянии мало, но не равно нулю. Эти элементы могут быть представлены эквивалентной схемой на рис. 10.14*а*. Отношение сопротивлений в закрытом $R_{раз}$ и открытом $R_{зам}$ состояниях представляет собой коммутационный коэффициент или коэффициент перепада по сопротивлению $K=R_{раз}/R_{зам}$, где $R_{зам}$ и $R_{раз}$ — сопротивление элемента соответственно в открытом и закрытом состояниях. Чем больше коммутационный коэффициент, тем выше качество контакта. Иногда под коммутационным коэффициентом понимают отношение напряжения или тока на выходе элемента в закрытом и открытом состояниях.

Электронные элементы по сравнению с электромеханическими обладают значительно большими скоростями переключения, не требуют искрогашения при переключении из одного состояния в другое, имеют большой срок службы, во многих случаях обладают меньшими габаритами и меньшим потреблением электроэнергии. Однако по величине коммутационного коэффициента и коммутационным возможностям (количество одновременно управляемых цепей) они уступают электромеханическим элементам.

По аналогии с четырехполюсниками все бесконтактные элементы можно разделить на пассивные, не имеющие дополнительных источников тока (например, электронные, ионные и полупроводниковые диоды), и активные, в которых выходной ток создается дополнительным источником тока, не связанным с управляющим напряжением или током (например, электронные и ионные триоды, транзисторы, оптроны). По своему действию бесконтактные элементы можно разбить на две группы: элементы, обладающие и не обладающие свойством памяти. В обоих случаях элемент изменяет свое состояние под влиянием внешнего управляющего сигнала, но в первом случае он сохраняет это состояние до нового появления управляющего сигнала, а во втором — только на время, пока имеется управляющий сигнал. В релейных схемах элементом, обладающим свойством памяти, является реле с блокировкой. К электронным элементам, обладающим свойством памяти, относятся тиратроны и магнитные элементы с прямоугольной петлей гистерезиса (ферриты). Для построения коммутационных систем ЭАТС в настоящее время нашли наибольшее применение полупроводниковые диоды и транзисторы.

Из отдельных электронных элементов создаются соединители с требуемыми структурными параметрами. Электронный элемент, включенный по определенной схеме, выполняет роль, аналогичную механическому контакту искателей, соединителей или реле в АТС электромеханического или квазиэлектронного типа. Поэтому такую схему называют *электронным контактом ЭК*. На рис. 10.15 представлена схема многократного электронного соединителя МЭС. В каждой точке коммутации устанавливается электронный

контакт, например тиратронный, диодный или транзисторный, обеспечивающий соединение входа с выходом под действием сигнала, поступающего на вход из управляющего устройства. Каждая горизонталь и вертикаль соединителя связаны с определенным входом и выходом через трансформаторы, поэтому в некоторых электронных АТС в пределах станции коммутация разговорного тракта может осуществляться по однопроводной системе.

В большинстве электронных соединителей существует гальваническая связь между исполнительными и управляющими цепями, что требует специальных мер для уменьшения влияния цепей управления на разговорный тракт. Для построения коммутационной системы электронных АТС с пространственым разделением каналов используются те же принципы, что и при построении *КС* электромеханических и квазиэлектронных АТС. Из отдельных МЭС создаются коммутационные блоки с требуемыми структурными параметрами, аналогичные блокам КЭАТС. При построении электронных АТС большой емкости необходимо использовать, как правило, многозвенные коммутационные системы, поэтому соединительный путь между входом и выходом проходит через несколько электронных контактов, что накладывает определенные ограничения на число звеньев коммутационной системы, а следовательно, и на емкость АТС.

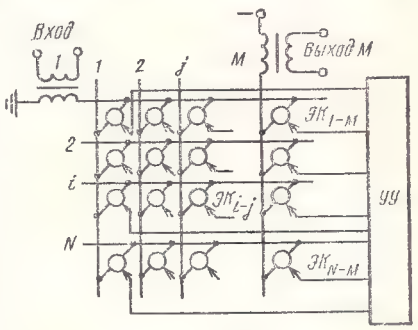


Рис. 10.15. Принцип построения многократного электронного соединителя

Предельная емкость электронной АТС зависит от качества электронного контакта. Чем выше качество *ЭК*, тем большую емкость могут иметь ЭАТС. Однако повышение качества *ЭК*, как правило, сопровождается усложнением его схемы и использованием более дорогих электронных элементов и других компонентов, что приводит к значительным капитальным затратам и делает ЭАТС более дорогими по сравнению с АТС электромеханического или квазиэлектронного типа.

В настоящее время еще не удается создать высококачественный и экономичный электронный контакт для разговорного тракта АТС, поэтому разработанные АТС с пространственным разделением каналов имеют небольшие емкости. Одним из способов снижения требований к ЭК для коммутации разговорного тракта является использование импульсного преобразования разговорных сигналов для построения ЭАТС с импульсно-временным разделением каналов.

10.6. РАЗГОВОРНЫЙ ТРАКТ ЭАТС С ИМПУЛЬСНО-ВРЕМЕННЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Принцип построения разговорного тракта с импульсно-временны́м разделением каналов представлен на рис. 10.16. Каждая абонентская линия имеет электронный контакт *ЭК*, через который она может подключаться к общестанционному участку тракта *О*. Для

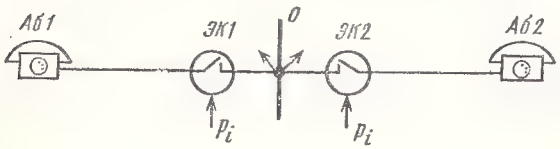


Рис. 10.16. Принцип построения разговорного тракта ЭАТС с импульсно-временны́м разделением каналов

соединения телефонных аппаратов двух абонентов *Аб1* и *Аб2* необходимо одновременно с соответствующей периодичностью, например p_i (см. рис. 3.15*б*), замыкать *ЭК* этих абонентов линий. При каждом импульсе *ЭК* открывается, а в паузах между импульсами данной последовательности закрывается. При новом соединении последовательность импульсов может быть другой, например p_j или p_k. Для передаваемой полосы разговорных частот 300—3400 Гц частота замыкания контактов должна быть не ниже 6800 Гц. В известных экспериментальных ЭАТС частота замыкания контактов составляет 8, 10, 12, 5 кГц. Такую частоту переключения могут обеспечить только быстродействующие *ЭК*, поэтому данный способ разделения каналов не может использоваться в электромеханических системах АТС.

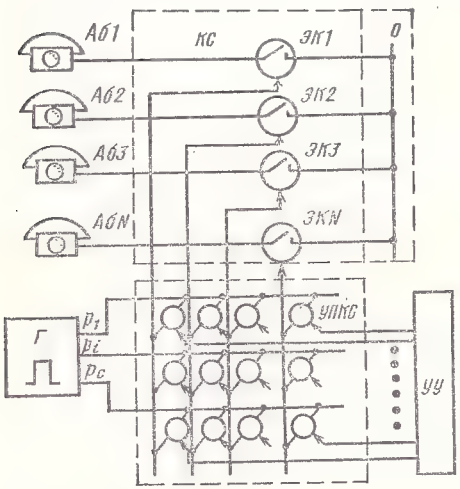


Рис. 10.17. Принцип управления *ЭК* разговорного тракта

Выдача требуемых импульсных последовательностей обеспечивается через управляющую (вспомогательную) пространственную коммутационную систему *УПКС* (рис. 10.17). Электронные контакты управляющей коммутационной системы замыкаются на все время соединения. Требуемые *ЭК* в *УПКС* выбираются управляющим устройством *УУ* в соответствии с номерами линий вызывающего и вызываемого абонентов и номером канала, предостав-

ляемого для соединения. Поскольку *ЭК* в разговорном тракте открывается на очень малые промежутки времени, разговорный ток, приходящий по абонентской линии, передается в общестационный участок тракта (провод) О в виде последовательности импульсов, модулированных в *ЭК1* по амплитуде. Для осуществления разговора эту последовательность нужно подать на *ЭК2* и демодулировать ее, т. е. выделить низкочастотную составляющую разговорных токов, поступающих на вход *ЭК1*.

Эту составляющую можно выделить при помощи фильтра нижних частот *ФНЧ*, который обычно имеет частоту среза, равную половине частоты повторения импульсов. С введением *ФНЧ* схема разговорного тракта с импульсно-временны́м разделением каналов принимает вид, показанный на рис. 10.18. Если на вход *ЭК1* по-

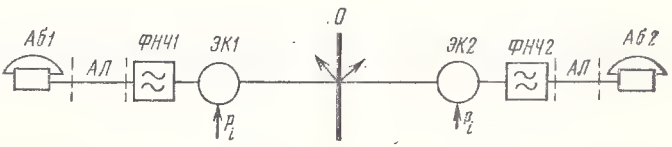


Рис. 10.18. Принцип построения разговорного тракта ЭАТС с использованием *ФНЧ*

ступает разговорный ток, изменяющийся по закону $Am\cos\Omega t$ (где A — амплитуда импульсов, m — коэффициент модуляции), то на выходе *ФНЧ2* появляются разговорные токи, меняющиеся по тому же закону, но с меньшей амплитудой, а именно: $Am\gamma\cos\Omega t$ ($\gamma=\tau_и/T_и$ — коэффициент заполнения, $\tau_и$ — длительность импульса, $T_и$ — период).

Разговорные токи низкой частоты передаются через станционный участок тракта в виде импульсов, поэтому система импульсно-временно́й передачи вносит затухание. Для оценки величины этого затухания предположим, что четырехполюсники, из которых построен тракт, всюду согласованы и содержат элементы, не вносящие потерь, а сопротивление нагрузки (одной из абонентских линий) равно сопротивлению генератора (другой абонентской линии). Тогда рабочее затухание равно

$$a_р = \ln\frac{U_1}{U_2}, \qquad (10.1)$$

где U_1 — напряжение на входе четырехполюсника; U_2 — напряжение на его выходе. В нашем случае $U_1=mA\cos\Omega t$; $U_2=Am\gamma\cos\Omega t$, следовательно,

$$a_р = -\ln\gamma = -\ln\frac{\tau_и}{T_и}. \qquad (10.2)$$

При числе импульсных каналов n и постоянном значении $T_и$ время, отводимое для одного канала,

$$\tau_к = \tau_и + \tau_э = T_и/n. \qquad (10.3)$$

Для уменьшения взаимного влияния между каналами необходимо увеличивать защитный промежуток $\tau_з$, однако при этом сокращается длительность импульсов $\tau_и$. Пусть длительность импульса $\tau_и = \alpha\tau_к$ или $\tau_и = \alpha T_и/n$. Коэффициент α показывает, какая часть времени, предоставленная каналу, используется эффективно. Подставляя значение $\tau_и$ в ф-лу (10.2), получим

$$a_р = -\ln\frac{\alpha}{n} = \ln n - \ln\alpha. \qquad (10.4)$$

Рабочее затухание в идеальной системе с импульсно-временны́м разделением каналов зависит как от числа каналов n, так и от коэффициентов α. Расчеты и экспериментальная проверка показывает, что затухание разговорного тракта даже при небольшом числе импульсно-временны́х каналов в станционном участке тракта значительно превышает норму, установленную для рабочего затухания АТС. Это приводит к необходимости введения дополнительных устройств для компенсации затухания, вносимого АТС с импульсно-временны́м разделением каналов. Такими устройствами являются усилители, которые могут включаться либо в станционный участок тракта (импульсные усилители *ИУ*), либо устанавливаться для каждой абонентской линии в тракт низкой частоты (усилители низкой частоты *УНЧ*).

При использовании на АТС четырехпроводной системы передачи (рис. 10.19) в станционном участке тракта устанавливается импульсный усилитель *ИУс*. Каждый абонентский комплект в этом случае содержит дифференциальную систему *ДС* с балансным контуром *БК* для включения двухпроводной абонентской линии, два электронных контакта *ЭК* и *ЭК′* и фильтр нижних час-

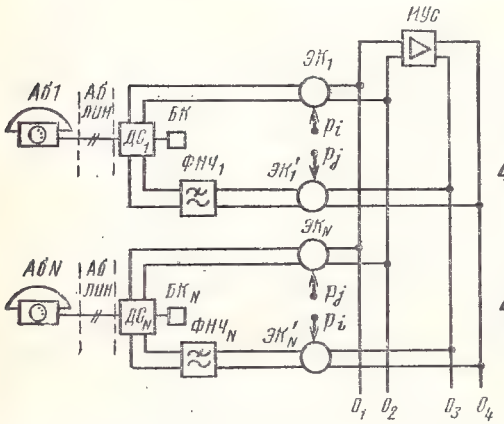


Рис. 10.19. Четырехпроводной тракт ЭАТС с импульсным усилителем в общестанционном участке тракта

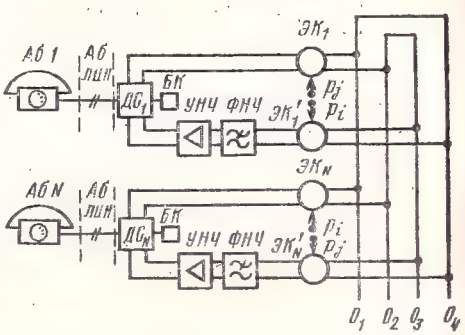


Рис. 10.20. Четырехпроводной разговорный тракт ЭАТС с *УНЧ* в абонентских комплектах

тот *ФНЧ*. Для осуществления передачи от *Аб1* к *АбN* необходимо совпадение импульсных последовательностей p_i, поступающих на $ЭК_1$ и $ЭК'_N$. Для передачи в обратном направлении необходимо также совпадение последовательностей импульсов, приложенных к $ЭК'_1$ и $ЭК_N$.

Если усилители устанавливаются на каждую абонентскую линию (рис. 10.20), то в станционном участке тракта импульсы передаются с небольшой амплитудой, а требуемый уровень передачи на выходе к абонентской линии получают при помощи усилителя низкой частоты *УНЧ*.

Рассмотренные схемы разговорных трактов ЭАТС с импульсно-временны́м разделением разговорных каналов требуют достаточно сложных абонентских комплектов *(АК)* с дифференциальными системами, которые вносят дополнительное затухание. Если используется двухпроводная система передачи, *АК* могут быть упрощены (рис. 10.21). В общестанционный участок тракта вклю-

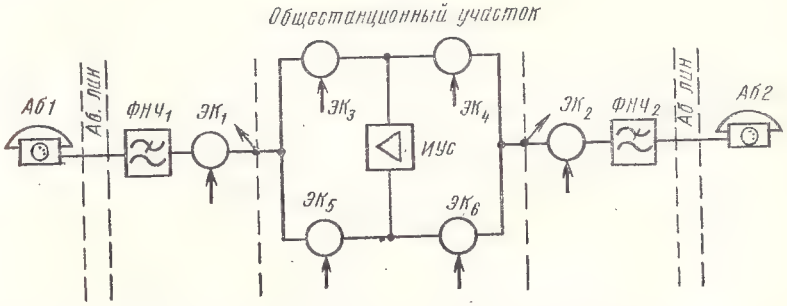


Рис. 10.21. Двухпроводной разговорный тракт ЭАТС с импульсным усилителем

чают один импульсный усилитель *ИУс* и четыре электронных контакта $ЭК_3$—$ЭК_6$. Время занятия тракта делится на две части: время, предоставляемое для передачи от *Аб1* к *Аб2* ($ЭК_3$ и $ЭК_6$ открыты, а $ЭК_4$ и $ЭК_5$ закрыты), и время, необходимое для передачи в обратном направлении ($ЭК_4$ и $ЭК_5$ открыты, а $ЭК_3$ и $ЭК_6$ закрыты). Как мы видим, упрощение АК приводит к усложнению общестанционной части тракта, а также к сокращению длительности импульса минимум в 2 раза, что вызывает увеличение затухания разговорного тракта.

В разговорном тракте АТС с импульсно-временны́м разделением каналов используются электронные контакты *ЭК*, фильтры *ФНЧ*, усилители *ИУс* или *УНЧ* и разрядные устройства *РУ*.

Электронный контакт периодически размыкает и замыкает разговорную цепь во время передачи разговорных токов между соединенными телефонными аппаратами, поэтому он должен обла-

дать малым сопротивлением в открытом состоянии и большим сопротивлением в закрытом. В отличие от *ЭК*, в системах с пространственным разделением каналов к нему предъявляются повышенные требования в отношении частоты переключения. Поэтому для построения схемы *ЭК* используются полупроводниковые диоды, транзисторы и другие элементы, обладающие высокой скоростью переключения.

На рис. 10.22 представлен *ЭК* на трех транзисторах, который работает следующим образом. При отсутствии управляющей серии p_i транзисторы *Т1* и *Т2* закрыты напряжением +12 В, а транзистор *Т3* закрыт положительным потенциалом (или отсутствием) на управляющем выходе *У*. При подаче на управляющий вход импульсной последовательности p_i при каждом импульсе транзистор *Т3* открывается, и в первичной обмотке трансформатора протекает ток. Появляющееся при этом напряжение на вторичной обмотке трансформатора обеспечивает открывание транзисторов *Т1* и *Т2* при каждом импульсе. Благодаря этому образуется электрическая цепь через транзисторы *Т1* и *Т2* для прохождения разговорных сигналов. Величина управляющего тока $I_{упр}$ выбирается такой, чтобы удержать транзисторы *Т1* и *Т2* в состоянии насыщения на время действия импульса, поступающего на управляющий вход *У*.

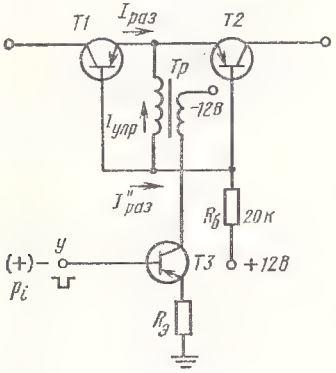


Рис. 10.22. Схема *ЭК* на транзисторах

В качестве коммутационных транзисторов *Т1* и *Т2* должны использоваться транзисторы, обладающие достаточно высоким быстродействием и малым сопротивлением между коллектором и эмиттером в открытом (насыщенном) состоянии.

Используемые в схемах ЭАТС с импульсным разделением каналов фильтры, усилители импульсные и низких частот не отличаются от аналогичных устройств, применяемых в аппаратуре уплотнения.

Разрядное устройство предназначено для устранения переходного влияния между каналами. В ЭАТС с импульсно-временным разделением каналов переходное затухание между каналами зависит от взаимного расположения импульсов соседних каналов. Максимальный уровень переходного разговора наблюдается между каналами, образованными импульсами двух соседних последовательностей. Основной причиной переходного разговора является накопление заряда на распределенной емкости общестанционного участка тракта (провод *О*). Защитный интервал между каналами $\tau_з$ мал, а заряд на емкости не успевает рассеяться к моменту поступления следующего канального импульса, что вызывает появление переходного разговора в соседнем канале. Для устра-

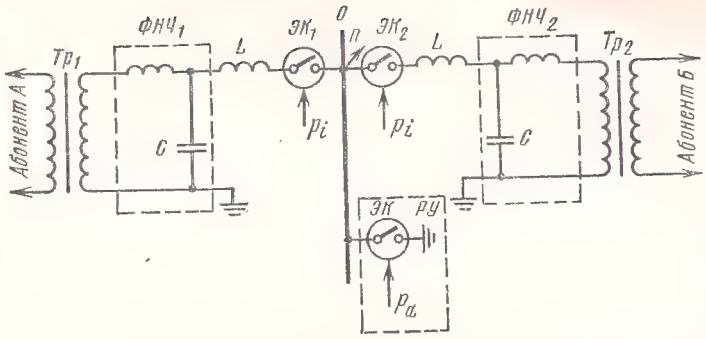


Рис. 10.23. Схема разговорного тракта ЭАТС с разрядным устройством

нения этого явления между проводом *О* и землей включается разрядное устройство *РУ* (рис. 10.23), представляющее собой электронный контакт, управляемый специальной импульсной последовательностью p_a. Эта последовательность открывает контакт после каждого канального импульса на время, несколько меньшее времени защитного интервала $\tau_з$ между импульсами двух соседних каналов. В течение этого времени провод *О* разряжается на землю. Форма импульсов на проводе *О* при наличии разрядного устройства и без него показана на рис. 10.24. Как видно из рис. 10.24*а*, задний фронт импульса одного канала перекрывает импульс соседнего канала. Наличие *РУ* резко укорачивает задний фронт импульса, тем самым уменьшая уровень переходных разговоров (рис. 10.24*б*).

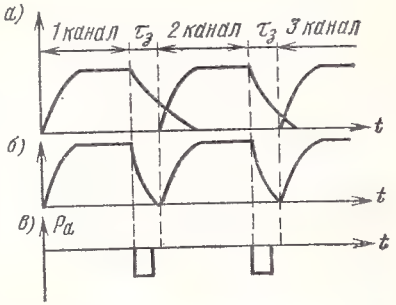


Рис. 10.24. Действие разрядного устройства на общий разговорный тракт:
а) форма импульса в проводе *О* без *РУ*; *б*) форма импульса в проводе *О* при наличии *РУ*; *в*) форма импульсов на входе *РУ*

10.7. ГРУППООБРАЗОВАНИЕ ЭАТС С ИМПУЛЬСНО-ВРЕМЕННЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

В ЭАТС с импульсно-временны́м разделением каналов импульсные последовательности могут закрепляться за отдельными источниками нагрузки (абонентскими или соединительными линиями) или предоставляться источникам только на время соединения. По принципу построения разговорного тракта ЭАТС с импульсно-временны́м разделением каналов подразделяются на ЭАТС, в которых соединение импульсно-временны́х каналов осу-

ществляется с переходом на низкую частоту, и ЭАТС, в которых происходит непосредственная коммутация общестанционных трактов. На рис. 10.25 представлена схема ЭАТС с импульсно-временны́м разделением соединительных путей с амплитудно-импульсной модуляцией и четырехпроводным трактом. К общестанционным

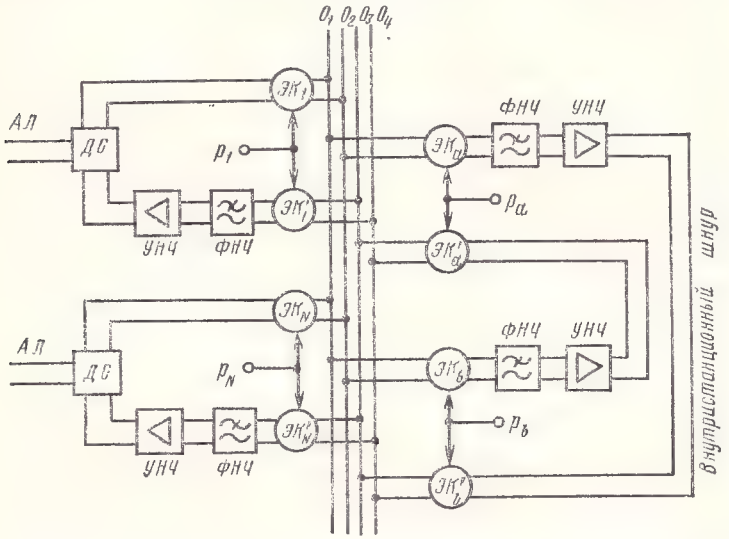


Рис. 10.25. Функциональная схема ЭАТС с импульсно-временны́м разделением каналов и внутристанционными линиями (шнурами)

проводам O_1, O_2 и O_3, O_4 подключаются через оконечные устройства (дифференциальную систему, усилитель, фильтр низкой частоты) и электронные контакты абонентские и внутристанционные линии. Число последних определяется по величине телефонной нагрузки, создаваемой N линиями и принятыми потерями сообщения. За каждой абонентской линией закреплена индивидуальная серия импульсов p_1, p_2, p_3, ..., p_N, которая воздействует на соответствующие $ЭК_i$ и $ЭК'_i$ и открывает их в определенной временно́й позиции.

Для установления соединения, например, между линиями *Аб 1* и *Аб N* необходимо на концы внутристанционной линии, по которой будет устанавливаться соединение, подать серии импульсов соответственно $p_a = p_1$ и $p_b = p_N$. При этом *ЭК* концов этих линий будут открываться в той же временно́й позиции, что и *ЭК* соединяемых абонентских линий. Необходимое число импульсных каналов n определяется числом источников нагрузки N. При заданной частоте импульсных последовательностей $f_и$, образующих каналы, время, отведенное для одного канала, определяется из соотношения

$$\tau_к = \tau_и + \tau_з = T_и/N = 1/f_и N. \qquad (10.5)$$

Из полученного выражения видно, что с увеличением числа источников нагрузки уменьшается время, отводимое одному каналу, а это, в свою очередь, приводит к уменьшению длительности канального импульса, а следовательно, к увеличению рабочего затухания. [см. ф-лу (10.2)]. Такой способ закрепления импульсных последовательностей за абонентскими линиями может быть использован для ЭАТС малой емкости.

Импульсные последовательности можно закреплять не за каждой абонентской линией, а за внутристанционными линиями. В этом случае при установлении соединения, например, между линиями *Аб 1* и *Аб N* необходимо открывать $ЭК_1$ и $ЭК_N$ во временны́х позициях, закрепленных за концами внутристанционных линий p_a и p_b, т. е. $p_1=p_a$ и $p_N=p_b$. При этом число импульсных последовательностей сокращается и равно удвоенному количеству внутристанционных линий.

Разговор между абонентами *Аб 1* и *Аб N* происходит следующим образом. Аналоговый сигнал поступает на $ЭК_1$, который открывается импульсами с последовательностью p_a. В $ЭК_1$ аналоговый сигнал превращается в импульсный и проходит через $ЭК_a$, открываемый в той же временно́й позиции. Импульсный сигнал проходит через *ФНЧ* и *УНЧ*, преобразуется в низкочастотный сигнал и поступает на $ЭК'_b$ и далее на $ЭК'_N$. Эти электронные контакты открываются в одинаковой временно́й позиции p_b, в результате чего на выходе $ЭК'_N$ появляется импульсный сигнал, который далее преобразуется в аналоговый и поступает в линию *Аб N*.

Коммутационная система ЭАТС позволяет осуществлять передачу разговора без перехода на низкую частоту, при этом импульсные последовательности каналов не закрепляются постоянно за каждой абонентской или соединительной линией, а придаются каждой паре соединяемых линий только на время соединения. При таком построении схемы отпадает необходимость во внутристанционных линиях, так как абонентские линии будут соединяться непосредственно через общестанционные провода O_1—O_4 при воздействии на *ЭК* этих линий, совпадающих по фазе серий импульсов.

Число каналов, предоставляемых для соединения группе из N абонентов, при любом способе закрепления каналов лимитируется длительностью канального интервала $\tau_к$. При частоте повторения импульсов $f_и=8$ кГц и числе каналов $n=100$ время, отводимое на канал, $\tau_к=1{,}25$ мкс. Дальнейшее увеличение числа каналов приведет к уменьшению $\tau_к$. При этом повышается требование к быстродействию *ЭК* и увеличивается рабочее затухание. Это ограничение накладывает определенные условия на схемы группообразования коммутационных систем ЭАТС.

В электронной ЭАТС большой емкости N абонентских линий разбиваются на k групп по n линий в группе. Каждой группе придается свой общестанционный провод O (групповой тракт) с числом временны́х каналов c. При установлении соединения между абонентскими линиями из разных групп имеет место коммутация

между общестанционными проводами $О$, относящимися к соответствующим группам (рис. 10.26).

Соединение между абонентскими линиями внутри группы осуществляется одним из выше рассмотренных способов. Для соеди-

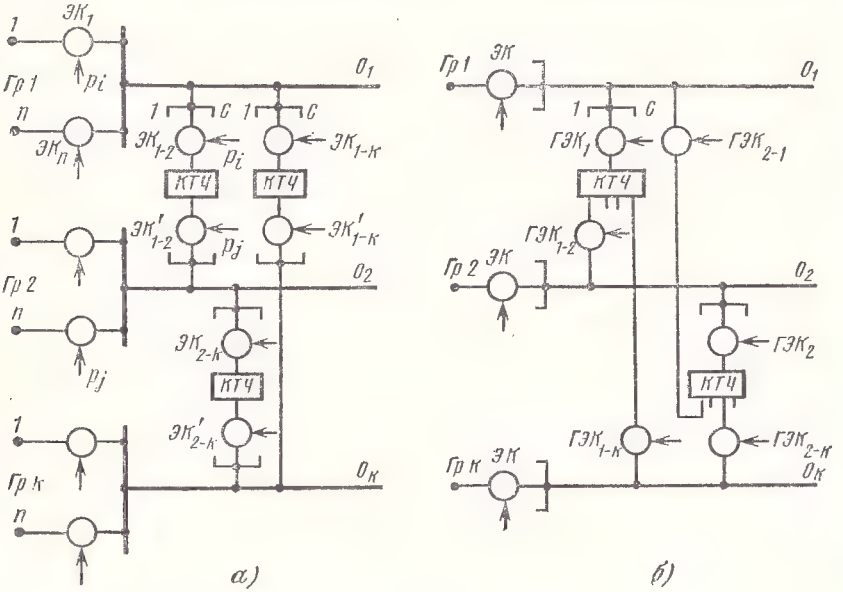


Рис. 10.26. Принцип коммутации групповых трактов:
а) с индивидуальными *КТЧ*; *б)* с общим *КТЧ*

нения АЛ разных групп необходима коммутация групповых трактов, которая может обеспечиваться как с переходом, так и без перехода на тональную частоту.

На рис. 10.26*а* представлена схема группообразования, в которой предусматривается переход на тональную частоту посредством комплектов тональной частоты *КТЧ*. Для установления соединения между каждой парой групповых трактов, обслуживающих разные группы, предусматривается отдельная группа комплектов *КТЧ*, общее число которых

$$Q_{\text{КТЧ}} = ck(k-1)/2. \qquad (10.6)$$

Подключение *КТЧ* к двум групповым трактам осуществляется при помощи двух *ЭК*. Для коммутации групповых трактов и подключения к ним линий в рассматриваемой схеме потребуется число *ЭК*, равное

$$Q_{\text{ЭК}} = ck(k-1) + kn. \qquad (10.7)$$

В такой схеме при установлении соединения между абонентами разных групп не требуется совпадения импульсных последовательностей в различных групповых трактах. Для установления со-

единения между абонентскими линиями, относящимися к двум разным группам, например *Аб 1* из *Гр 1* и *Аб n* из *Гр 2*, необходимо подать одинаковые импульсные последовательности, например p_i, на $ЭК_1$ в первой группе и $ЭК_{1-2}$ первого группового тракта, а на $ЭК_n$ по второй группе и $ЭК'_{1-2}$ второго группового тракта может быть подана любая другая свободная импульсная последовательность, например p_j, образующая канал в групповом тракте O_2.

Количество *КТЧ* можно сократить, используя схему группообразования, приведенную на рис. 10.26*б*. В данной схеме за каждым групповым трактом (кроме одного) закрепляется одна группа *КТЧ*. Как и в схеме на рис. 10.26*а*, число комплектов *КТЧ* в группе равно числу каналов *с*. При этом любой канал из данной группы может через любой комплект *КТЧ* соединиться с любым импульсным каналом другой группы. Для обеспечения этого каждый комплект *КТЧ* имеет *k* групповых электронных контактов *ГЭК*. Общее число электронных контактов в данной схеме равно $Q_{ЭК} = ck(k-1)+nk$, а количество комплектов *КТЧ* равно $(k-1)$, т. е. уменьшается в *k* раз по сравнению со схемой на рис. 10.26*а*. Однако требования к *ГЭК* значительно возрастают, поскольку они должны работать при подаче любых импульсных последовательностей, образующих каналы в групповом тракте. В связи с этим *ГЭК* должны работать при значительно меньшей скважности между импульсами и, следовательно, их необходимо рассчитывать на рассеивание значительно большей мощности, чем обычные *ЭК*.

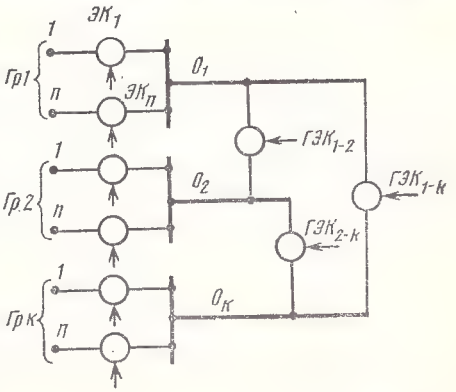


Рис. 10.27. Непосредственная коммутация групповых трактов

Для станций большой емкости необходимо применять звеньевое построение разговорного тракта, поэтому при использовании *КТЧ* станции становятся сложными и дорогими и применение их становится нецелесообразным. Электронные АТС большой емкости можно строить по принципу непосредственной коммутации групповых импульсных трактов. На рис. 10.27 представлена схема, в которой при установлении соединения между абонентскими линиями из разных групп *ЭК* этих линий и *ГЭК* соединяющие групповые тракты должны открываться в одной и той же временно́й последовательности. Такое соединение возможно только в том случае, если имеются импульсные каналы, одновременно свободные в обоих рассматриваемых группах. Количество *ЭК* в схеме

$$Q_{ЭК} = kn + (k-1)k/2. \qquad (10.8)$$

В том случае, если разговорный тракт строится по четырехпроводной системе, каждая группа имеет два импульсных групповых тракта: передающий и приемный.

Недостатком схемы с непосредственной коммутацией групповых трактов являются сложность синхронизации, а также наличие внутренних блокировок за счет неудачного сочетания свободных каналов в различных группах. При установлении соединения в группах, обслуживаемых, например, трактами O_1 и O_2, могут использоваться три способа выбора каналов.

1. Сначала в случайном порядке выбирается любой свободный канал в групповом тракте O_1, затем отыскивается свободный канал в той же временно́й последовательности в групповом тракте O_2. Если этот канал окажется занятым, абоненту посылается сигнал «Занято». Этот способ искания каналов достаточно прост, однако процесс обслуживания связан с большими потерями сообщения.

2. Находятся одноименные свободные каналы в обоих групповых трактах, которые и используются для установления соединения. Если в групповых трактах нет одноименных свободных каналов, то абоненту посылается сигнал «Занято». При этом способе потери сообщения уменьшаются, однако процесс искания свободных каналов усложняется.

3. В групповом тракте O_1 занимается любой свободный канал, во втором тракте отыскивается канал в той же временно́й позиции. Если этот канал окажется занятым, то для соединения используется ближайший свободный канал. С целью соединения этих каналов применяются линии задержки, которые обеспечивают сдвиг информации из временно́й последовательности одного канала во временну́ю последовательность другого канала. При этом потери сообщения уменьшаются, однако схемы искания и коммутации усложняются.

ГЛАВА 11

АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

11.1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Для выбора оптимального варианта построения управляющих устройств коммутационных систем узлов связи должны быть составлены варианты схем *УУ* и произведен их анализ. Использование методов, позволяющих предварительно оценить структуру *УУ* по скорости установления соединений, по объему оборудования и другим показателям может привести к значительному сокращению времени и средств при выборе оптимального варианта *УУ*.

Процессы, происходящие в коммутационных узлах *КУ* при установлении соединений, достаточно сложны и не поддаются

объективной оценке при их словесном описании, так как при этом трудно определить время установления соединения, количество и объем оборудования отдельных функциональных блоков *УУ*, характер взаимосвязи между блоками и т. д. Чтобы облегчить анализ работы управляющих устройств и выбор наилучшего варианта в соответствии с заданными требованиями, используется аналитическая запись процесса установления соединения через заданную коммутационную систему и формализованные методы оптимизации.

Математическим аппаратом, позволяющим аналитически записывать и оптимизировать процессы, происходящие в управляющих устройствах *КС*, является теория алгоритмов. Под *алгоритмом* принято понимать точное предписание, определяющее процесс, ведущий от варьируемых исходных данных к искомому результату. Алгоритму присущи следующие свойства: 1) определенность алгоритма, т. е. способ выполнения действий, заданный алгоритмом, должен быть настолько точен и общепонятен, чтобы не оставалось места произволу и он мог быть повторен любым другим лицом; 2) массовость алгоритма, т. е. возможность исходить из варьируемых в известных пределах исходных данных; 3) результативность алгоритма, т. е. направленность алгоритма на получение некоторого искомого результата.

Указанными свойствами алгоритма обладает процесс установления соединения через *КС*. Алгоритм этого процесса определяет последовательность операций, выполняемых *УУ*. Процесс установления соединения зависит от структуры и параметров *КС*, режима работы отдельных ступеней искания, способов обслуживания источников нагрузки различных категорий, а также от состояния *КС* в момент поступления требования на соединение. Соединение между входом и выходом *КС* может устанавливаться по разным соединительным путям и проходить через разные точки коммутации. В связи с этим *УУ* должно обеспечить определенный порядок выбора одного соединительного пути и точек коммутации на соответствующих звеньях соединения, через которые этот путь проходит.

Весь процесс работы *УУ* по установлению соединения разделяется на отдельные операции B_1, B_2, ..., B_h, ..., последовательное выполнение которых приводит или к установлению соединения через *КС*, или к посылке специального сигнала, если соединение в данный момент не может быть установлено. В свою очередь, каждая операция может быть разбита на ряд более мелких (элементарных) операций A_1, A_2, ..., A_i, ... В этом случае более крупная операция (укрупненный оператор) B_k будет состоять из некоторой последовательности элементарных операций A_1, A_2, A_3, ...

В процессе установления соединения выполняются два вида операций: управление объектами и проверка состояния объектов. К первому виду относятся операции включения различных элементов и устройств. Операции второго вида заключаются в проверке состояния объектов *КС*, например, абонентских и соединительных

линий, промежуточных линий между звеньями коммутации и т. п. После выполнения операции первого вида всегда выполняется одна и та же следующая операция. Если выполняется операция второго вида, то после нее может выполняться одна из двух возможных операций в зависимости от результата проверки состояния объекта.

Аналитическая запись процесса работы *УУ* во время установления соединения через *КС* осуществляется посредством различных формализованных языков: *логических схем алгоритмов* ЛСА, *граф-схем, матричных схем*. В ЛСА последовательно в строку записываются *операторы* и *логические условия*, сопоставленные определенным операциям, выполняемым в процессе работы *УУ*. Для записи процесса установления соединения через *КС* операции управления сопоставляются с операторами ЛСА и обозначаются буквами A с соответствующими индексами $(A_1, A_2, ..., A_i, ...)$. Операции проверки состояния объектов коммутационной системы сопоставляются с логическими условиями ЛСА и обозначаются строчными буквами p $(p_1\ p_2, p_3, ..., p_j, ...)$. Объединение в определенной последовательности операторов и логических условий представляет собой алгоритм установления соединения.

После выполнения операции алгоритма, сопоставленной с соответствующим оператором ЛСА, например A_j, выполняется операция, сопоставленная со следующим по строке членом ЛСА, которым может быть как оператор, так и логическое условие. Такие переходы в ЛСА называются *последовательными*. Поскольку при проверке состояния объектов может иметь место неоднозначный результат, будем считать, что логическое условие p_j может принимать значение 1, если условие выполняется, и значение 0, если оно не выполняется. В первом случае после логического условия p_j выполняется операция, сопоставленная с соседним членом ЛСА, во втором случае происходит переход не к соседнему по строке члену ЛСА. Такие переходы называются *условными*.

При составлении ЛСА может быть принят и обратный порядок, при котором переход к соседнему по строке члену ЛСА осуществляется при $p_j=0$, а переход не к соседнему по строке члену — при $p_j=1$. В связи с этим для каждого алгоритма требуется указание, при каком значении p_j (0 или 1) осуществляется условный переход. Можно использовать также смешанную систему условных переходов, в которой для некоторых логических условий переход к соседнему по строке члену ЛСА происходит при $p_j=0$, а для других — при $p_j=1$. Для таких ЛСА требуется пояснение характера перехода для каждого логического условия p_j. Если в ЛСА над логическим условием стоит знак инверсии, то при $p_j=1$ $\bar{p}_j=0$, а при $p_j=0$ $\bar{p}_j=1$.

В некоторых случаях при составлении ЛСА требуется после выполнения операции, сопоставленной с оператором A_i (или логическим условием p_j), перейти к операции, сопоставленной с членом ЛСА, который непосредственно не следует по строке. Для обозначения такого перехода в ЛСА вводится *тождественно-лож-*

пое логическое условие ω, которому приписывается значение, требующее перехода не к соседнему по строке члену ЛСА. Такие переходы называются *безусловными.*

Для обозначения перехода в ЛСА вводится специальный знак — стрелка ↑, индекс над которой (буква или цифра) указывает адрес того члена ЛСА, к которому осуществляется переход. В свою очередь, перед этим членом ставится стрелка с тем же индексом, но направленная острием вниз, как это показано в следующей ЛСА:

$$A_0 \overset{1}{\downarrow} A_1 A_2 p_1 \overset{1}{\uparrow} A_3 \cdots$$

В логической схеме алгоритма стрелка с определенным индексом, направленная вниз, может стоять только перед одним из членов ЛСА, а стрелки, имеющие одинаковые индексы и направленные острием вверх, могут стоять после нескольких членов ЛСА. Наличие в ЛСА нескольких одинаковых переходов означает, что одна и та же операция повторяется многократно при реализации заданного алгоритма. Для смешанных условных переходов одновременно с указанием адреса перехода указывается условие перехода

$$A_1 p_1 \overset{n}{\underset{0}{\uparrow\!\!\rightarrow}} A_2 \cdots p_2 \overset{m}{\underset{1}{\uparrow\!\!\rightarrow}} A_4 \cdots \overset{n}{\downarrow} A_5 \cdots \overset{m}{\downarrow} p_2 \overset{n}{\underset{1}{\uparrow\!\!\rightarrow}} \cdots$$

В логической схеме алгоритма после тождественно-ложного условия ω должно быть две стрелки, одна из которых, следующая непосредственно после ω, указывает адрес перехода, а вторая, стоящая перед следующим по строке оператором или логическим условием, указывает на то, откуда происходит переход к этой операции. В общем случае логическая схема алгоритма некоторого процесса может быть представлена в следующем виде (переход к соседнему члену ЛСА при $p_j = 1$):

$$A_0 \overset{1}{\downarrow} A_1 A_2 p_1 \overset{1}{\uparrow} A_3 \omega \overset{2}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} A_4 A_5 p_2 \overset{1}{\uparrow} \omega \overset{3}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} A_6 \cdots A_l \cdots p_7 \overset{3}{\uparrow}.$$

Процесс, описанный этой ЛСА, начинается с выполнения левого члена ЛСА, а заканчивается тогда, когда оператор или логическое условие, сопоставленное с последней операцией, содержат указание на окончание процесса. В этом случае справа от последнего члена ЛСА ставится точка. Если с помощью ЛСА представлен непрерывный процесс, как это бывает в случае работы управляющего устройства коммутационной системы, то знак окончания процесса отсутствует.

Логическая схема алгоритма определяет последовательность выполнения операторов в зависимости от значений входящих в нее логических условий, однако по ЛСА нельзя определить, как изменяются значения логических условий в ходе выполнения процесса, описанного ЛСА. Информация об изменениях логических условий при выполнении алгоритма задается дополнительно, причем следует учитывать, что значения логических условий могут из-

меняться под воздействием как внешних сигналов, так и сигналов из функциональных блоков *УУ*. При этом поступление внешних сигналов носит в большинстве случаев случайный характер (например, поступление вызова от абонента).

11.2. МАТРИЧНЫЕ СХЕМЫ И ГРАФ-СХЕМЫ АЛГОРИТМОВ

Иногда удобнее применять другие формы записи алгоритмов. Так, алгоритм может быть записан в виде *матрицы*, строкам и столбцам которой приписаны операторы. Вхождением a_{ij} такой матрицы является функция от логических переменных $p_1, p_2, \ldots, p_m$, принимающая значение 1 при тех наборах значений этих условий, при которых после оператора A_i должен выполняться оператор A_j.

Если после оператора A_i всегда должен выполняться оператор A_j (что в ЛСА соответствует записи $\ldots A_iA_j \ldots$), то $a_{ij}=1$, а если после A_i никогда не может следовать оператор A_j, то $a_{ij}=0$. Если переход от оператора A_i к оператору A_j происходит при условии $p_j=1$, то $a_{ij}=p_j$, а если при условии $p_j=0$, то $a_{ij}=\bar{p}_j$.

При строго определенном (детерминированном) процессе должен соблюдаться порядок следования операций, следовательно, в каждой строке только одно вхождение может принимать значение 1 при данных значениях логических условий, т. е. всегда должно выполняться соотношение $a_{ij}a_{ik}=0$ для всех j и k при $j\neq k$. Поскольку вслед за выполнением одного оператора должен выполняться определенный следующий оператор, то справедливо условие $\sum_{j=1}^{n} a_{ij}=1$.

Запись алгоритма в виде матрицы получила название *матричной схемы алгоритма* МСА. Для ЛСА

$$И = \overset{2}{\downarrow} A_0 p_1 \overset{3}{\uparrow} \overline{p_2} \overset{2}{\uparrow} \overset{4}{\downarrow} A_1' p_3 \overset{1}{\uparrow} A_2 A_3 p_4 \overset{1}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} \overline{p_5} \overset{2}{\uparrow} A_1'' \omega \overset{3}{\uparrow} \overset{1}{\downarrow} p_5 \overset{4}{\uparrow} A_4 \overline{p_1} \overset{1}{\uparrow} \omega \overset{2}{\uparrow}$$

матричная схема алгоритма при условиях переходов $p_j\uparrow^{\circ}\rightarrow_1$ имеет вид

	A_0	A_1'	A_2	A_3	A_4	A_1''
A_0	$\bar{p}_1p_5+p_1p_2$	$p_1\bar{p}_2$				$\bar{p}_1\bar{p}_5$
A_1'		$\bar{p}_3\bar{p}_5$	p_3		$\bar{p}_3p_5$	
A_2				1		
A_3	p_4p_5	$\bar{p}_4\bar{p}_5$			$\bar{p}_4p_5$	$p_4\bar{p}_5$

A_4	$\bar{p}_1$	$p_1\bar{p}_5$			p_1p_5	
A_1''	p_5					$\bar{p}_5$

Если в ЛСА какой-либо оператор (или логическое условие) имеет несколько вхождений, то в МСА он повторяется в строке и столбце столько раз, сколько он повторяется в ЛСА с добавлением порядкового индекса вхождения. В нашем примере дважды повторяется оператор A_1, поэтому в МСА имеются строки и столбцы A'_1 (первое вхождение) и A''_1 (второе вхождение).

На основании МСА легко проследить порядок выполнения операторов, однако порядок проверки логических условий в ней не отражается. В приведенном примере рассмотрен переход от ЛСА к МСА, однако может быть выполнен и обратный переход от МСА к ЛСА.

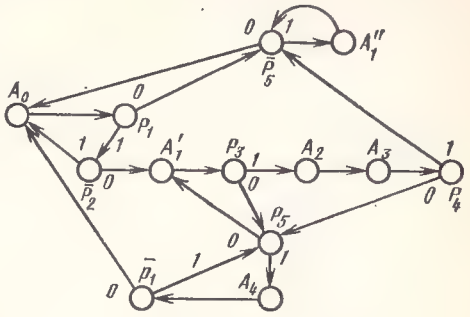


Рис. 11.1. Граф-схема алгоритма

Очень наглядным способом записи алгоритма является *граф-схема алгоритма* ГСА. В граф-схеме каждый узел графа соответствует оператору A_i или логическому условию алгоритма p_j. Стрелки показывают последовательность выполнения операторов и логических условий. От узла, соответствующего логическому условию p_j, идут две стрелки, указывающие последовательность выполнения операций при условии $p_j=1$ и $p_j=0$. В качестве примера составим граф-схему для алгоритма *И* (рис. 11.1).

11.3. УПРОЩЕНИЕ И ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ АЛГОРИТМОВ

Оптимальность алгоритма работы управляющего устройства определяется на основе тех требований, которые предъявляются к процессу обслуживания соединений. В одних случаях требуется получить алгоритм, обеспечивающий максимальную скорость работы *УУ* по установлению соединения, в других — минимальный объем оборудования *УУ* при заданном качестве обслуживания соединений или какие-либо другие требования, например обеспечение заданной надежности.

При составлении алгоритма функционирования *УУ* могут иметь место многократные вхождения в ЛСА одинаковых операторов

или логических условий. Это означает, что в процессе работы *УУ* выполняются одинаковые операции, реализуемые отдельными *ФБ*. Число таких блоков соответствует числу вхождений повторяющегося оператора A_i (или логического условия p_j). Уменьшение числа вхождений одинаковых операторов (или логических условий) приводит к сокращению числа *ФБ*, сопоставленных повторяющимся членам ЛСА, или к сокращению числа команд программного устройства, как это будет показано ниже.

Под упрощением ЛСА понимают сокращение числа членов ЛСА путем уменьшения числа вхождений повторяющихся операторов A_i (или логических условий p_j) за счет их объединений. При этом возможны два случая: 1) после одинаковых операторов A_i (или логических условий p_j) непосредственно следуют одинаковые операторы (или логические условия); 2) после одинаковых операторов A_i (или логических условий p_j) следуют разные операторы (или логические условия).

Рассмотрим процесс упрощения ЛСА для первого случая, для чего выпишем и подчеркнем только те части ЛСА, где встречается повторяющийся оператор A_1:

$$И_1 = A_0\underline{A_1}A_2\,\omega\,{}^{1}\!\uparrow\ \ldots A_3\underline{A_1}A_2\,{}^{1}\!\downarrow A_5\ \ldots$$

Как видно из $И_1$, за оператором A_1 всегда следует одинаковый оператор A_2, после которого выполняется одна и та же последовательность (в данном случае выполняется оператор A_5). Для уменьшения числа вхождений операторов A_1 и A_2 их необходимо оставить только в одном месте ЛСА, для чего в ЛСА вводится тождественно ложное условие ω, указывающее переход к оператору A_1 после оператора A_0 или после оператора A_3. Теперь ЛСА запишется следующим образом:

$$И_2 = A_0\,\omega\,{}^{1}\!\uparrow\ \ldots A_3\,{}^{1}\!\downarrow\underline{A_1}A_2A_5\ \ldots$$

или

$$И_3 = A_0\,{}^{2}\!\downarrow\underline{A_1}A_2\,\omega\,{}^{1}\!\uparrow\ \ldots A_3\,\omega\,{}^{2}\!\uparrow\,{}^{1}\!\downarrow A_5\ \ldots$$

Если повторяющимся членом ЛСА является логическое условие, например p_2, то ЛСА упрощают аналогично:

$$И_4 = A_0\underline{p_2}\,{}^{1}\!\uparrow A_2\,\omega\,{}^{2}\!\uparrow\ \ldots A_3\underline{p_2}\,{}^{1}\!\uparrow A_2\,{}^{1}\!\downarrow A_5\ \ldots\,{}^{1}\!\downarrow A_6\ \ldots$$

После упрощения получим

$$И_5 = A_0\,\omega\,{}^{1}\!\uparrow\ \ldots A_3\,{}^{1}\!\downarrow\underline{p_2}\,{}^{2}\!\uparrow A_2A_5\ \ldots\,{}^{2}\!\downarrow A_6\ \ldots$$

или

$$И_6 = A_0\,{}^{3}\!\downarrow\underline{p_2}\,{}^{1}\!\uparrow A_2\,\omega\,{}^{2}\!\uparrow\ \ldots A_3\,\omega\,{}^{3}\!\uparrow\,{}^{2}\!\downarrow A_5\ \ldots\,{}^{1}\!\downarrow A_6\ \ldots$$

Рассмотрим процесс упрощения ЛСА для второго случая, когда после повторяющихся операторов следуют неодинаковые операторы (или логические условия). Выпишем и подчеркнем отдельные части ЛСА, содержащие повторяющиеся операторы:

$$И_7 = A_0 p_1 \overset{1}{\uparrow} \underline{A_1} A_2 \cdots \overset{1}{\downarrow} A_3 \underline{A_1} A_5 \cdots$$

Для ЛСА $И_7$ стоит задача распознавания и выбора оператора, следующего за повторяющимся оператором A_1. Для этого в ЛСА вводят дополнительное логическое условие k. Это логическое условие должно принимать столько значений, сколько различных операторов (или логических условий) имеется в ЛСА за повторяющимся оператором. Если, например, A_i повторяется n раз, а после него следуют разные операторы, то условие k должно принимать n значений $(k_1, k_2, ..., k_i, ..., k_j, ..., k_n)$. При этом для любой пары i и j при $i \neq j$ должно соблюдаться условие $k_i \cdot k_j = 0$. Это означает, что одновременно только одно из них может принимать значение 1. При этом логическая сумма всех значений k равна 1: $\sum_{i=1}^{n} k_i = 1$.

Поскольку после каждого значения k_i должен обеспечиваться переход к соответствующему члену ЛСА (оператору или логическому условию), то после $k_1, k_2, ..., k_{n-1}$ проставляются стрелки с указанием адреса перехода, например:

$$\cdots A_i \bar{k}_1 \overset{1}{\uparrow} \bar{k}_2 \overset{2}{\uparrow} \cdots \bar{k}_{n-1} \overset{n-1}{\uparrow} k_n A_k \cdots \overset{1}{\downarrow} A_3 \cdots \overset{2}{\downarrow} A_6 \cdots$$
$$\cdots \overset{n-1}{\downarrow} A_2 \cdots$$

Для ЛСА $И_7$, в которой после повторяющегося оператора A_1 следуют два разных оператора A_2 и A_5, логическое условие k принимает два значения: 1 или 0. Если $k=1$, выполняется оператор A_2, а при $k=0$ — оператор A_5. После упрощения ЛСА $И_7$ принимает вид

$$И_8 = A_0 p_1 \overset{1}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} A_1 \bar{k} \overset{3}{\uparrow} A_2 \cdots \overset{1}{\downarrow} A_3 \omega \overset{2}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} A_5.$$

Поскольку логическое условие k в процессе выполнения алгоритма изменяет свое значение, ему должно быть сопоставлено распределение сдвигов. Для алгоритма $И_8$ изменять значение логического условия k могут операторы (или логические условия), предшествующие оператору A_1: $A_0 \to k=0 \to A_2$; $A_3 \to k=1 \to A_5$. В логической схеме алгоритма, где повторяющимся членом является логическое условие p_j, могут иметь место два случая: 1) после p_j при условии $p_j=0$ осуществляется переход к одинаковым членам ЛСА, а при $p_j=1$ — к неодинаковым членам ЛСА; 2) после p_j как при $p_j=0$, так и при $p_j=1$ осуществляется переход к неодинаковым членам ЛСА. Рассмотрим первый случай для повторяющегося логического условия p_2 в ЛСА $И_9$:

$$И_9 = A_0 \underline{p_2} \overset{1}{\uparrow} A_2 \cdots A_3 \underline{p_2} \overset{1}{\uparrow} A_5 \cdots \overset{1}{\downarrow} A_n \cdots$$

Процесс упрощения ЛСА происходит аналогично ЛСА $И_7$, т. е. введением дополнительного логического условия k, которое может принимать два значения: 0 или 1.

После упрощения получим (при распределении сдвигов $A_0 \to \to k=0 \to A_2$; $A_3 \to k=1 \to A_5$)

$$И_{10} = A_0 \overset{3}{\downarrow} \underline{p_2} \overset{1}{\uparrow} \overline{k} \overset{2}{\uparrow} A_2 \cdots A_3 \omega \overset{3}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} A_5 \cdots \overset{1}{\downarrow} A_6.$$

Для второго случая, когда после повторяющегося логического условия p_2 следуют разные члены ЛСА как при $p_2=1$, так при $p_2=0$, как это показано в следующей ЛСА:

$$И_{11} = A_0 A_1 p_2 \overset{1}{\uparrow} A_2 \cdots A_3 p_2 \overset{2}{\uparrow} A_5 \cdots \overset{1}{\downarrow} A_6 \cdots \overset{2}{\downarrow} A_7;$$

при упрощении вводят два логических условия k_1 и k_2, каждое из которых принимает два значения.

Если ЛСА содержит несколько повторяющихся операторов (или логических условий), то при ее упрощении вводят соответствующее количество переменных k, γ, l, ..., каждое из которых принимает различное число значений. В этом случае упрощение ЛСА целесообразно начинать с наиболее часто повторяющегося члена.

В результате упрощения ЛСА уменьшается число вхождений повторяющихся операторов и логических условий, что приводит к сокращению общего числа членов ЛСА. Однако иногда необходимо вводить дополнительные члены ЛСА в виде многозначных логических условий (k, γ, l), что требует соответственно введения функциональных блоков, реализующих эти дополнительные логические условия в устройстве, действие которого описано ЛСА. Число состояний в каждом таком блоке определяется числом вхождений повторяющегося оператора (или логического условия), поэтому блок должен содержать запоминающее устройство с определенным числом элементов памяти.

Целесообразность упрощения алгоритма с целью уменьшения числа вхождений повторяющихся операторов и логических условий должна решаться путем технико-экономического сравнения устройств, реализующих упрощенные и неупрощенные алгоритмы.

11.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ФБ И ВРЕМЕНИ УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ПО ЛСА

На основе алгоритма работы *УУ* коммутационной системы можно получить представление о количестве *ФБ* в *УУ*, объеме их оборудования и очередности работы. Если каждому члену ЛСА соответствует определенный *ФБ*, то общее число блоков определяется по суммарному числу членов ЛСА.

Основными блоками *УУ* являются блоки, выбирающие объекты *КС* в процессе установления соединения, и блоки, проверяющие состояние этих объектов. К первым относятся блоки, сопоставленные операторам выбора объектов по определенным координатам (A^i_X, A^i_Y, A^γ_Z, и т. д.), а ко вторым — блоки, сопоставленные ло-

гическим условиям p_X^i, p_Y^j, p_Z^v, обеспечивающие проверку состояния выбранных объектов. Объем оборудования указанных блоков зависит от структуры их построения и параметров *КС*.

Оптимальность алгоритма оценивается одновременно по количеству *ФБ* и по времени установления соединения, поскольку в ЛСА, содержащей бóльшее число членов, могут быть заложены возможности повышения скорости установления соединения. Оптимальным следует считать тот алгоритм, который при одинаковых качественных показателях обслуживания соединений требует наименьшее число *ФБ*.

Объем оборудования и время работы каждого *ФБ* определяется в зависимости от тех функций, которые он выполняет, и структуры построения самого блока, поэтому при сравнении алгоритмов, помимо количества блоков, необходимо знать их объем и структуру. Следовательно, окончательное суждение об оптимальности алгоритма можно сделать на этапе блочного и структурного синтеза *УУ*. Однако уже на этапе составления алгоритмов работы *УУ* можно предварительно сравнивать алгоритмы по относительным показателям объема оборудования *ФБ* и скорости их работы при установлении соединения.

Для определения времени работы *УУ* по установлению соединения через заданную *КС* необходимо знать число операций, реализуемых в процессе установления соединения, и длительность каждой операции. Число операций определяется по ЛСА. Длительность операций удобно определять по времени, затрачиваемому на выполнение элементарной операции Δt. Поскольку длительность элементарных операций может быть неодинаковой, то при программном способе построения *УУ* для выполнения элементарной операции отводится определенный интервал времени $T \geqslant \Delta t$, задаваемый частотой тактового генератора. Это время должно быть больше времени наиболее продолжительной элементарной операции и называется *тактом* работы *УУ*. Те процессы, которые состоят из некоторой последовательности элементарных операций, будем оценивать по числу тактов, требуемых для их реализации. Это позволит оценивать время установления соединения через заданную *КС* по общему числу тактов работы схемы управления.

При реализации схемы *УУ* на соответствующих элементах (транзисторах, диодах и др.) можно определить время выполнения элементарной операции Δt_i, а следовательно, выбрать частоту тактового генератора $f \leqslant 1/\Delta t_i$.

Тогда время установления соединения через заданную *КС* (или длительность отдельных процессов, имеющих место при обслуживании соединения) может быть определено как $t_c = Tk$, где k — общее число тактов работы *УУ* при установлении соединения.

Аналогичным образом можно определить максимальное и минимальное число тактов работы *УУ* для остальных ЛСА. Таким образом, можно определить время установления соединения через *КС* в зависимости от принятого алгоритма обслуживания соединения. Скорость установления соединения может быть повышена за

счет уменьшения или полного устранения непроизводительных тактов работы, однако при этом требуется введение дополнительного оборудования в *УУ*. Окончательный выбор алгоритма обслуживания соединения должен решаться на основе технико-экономического сравнения *УУ* при заданном качестве обслуживания соединения. В некоторых случаях увеличение скорости установления соединения позволяет обслуживать одним *УУ* более крупный коммутационный блок или несколько коммутационных блоков той же емкости. Поэтому в каждом случае следует решать вопрос, в какой степени целесообразно повышать скорость работы *УУ* при одновременном увеличении объема его оборудования.

Если полученный алгоритм приводит к недопустимому времени установления соединения, то сбор дополнительной информации и, следовательно, некоторое увеличение объема оборудования *УУ* за счет введения дополнительных *ФБ* является необходимым. Если алгоритм даже при наличии непроизводительных тактов работы *УУ* обеспечивает требуемую скорость установления соединения, то нет необходимости увеличивать скорость его работы.

Предварительный анализ различных алгоритмов работы *УУ* для заданной *КС* позволяет определить объем коммутационного оборудования (объем блока), который может быть обслужен одним *УУ* при заданной скорости его работы, необходимость установки запоминающих устройств, выбрать частоту следования импульсов тактового генератора и т. д.

Анализ различных алгоритмов работы *УУ* позволяет также оценить влияние способа построения *УУ* на пропускную способность *КС*. Например, при обусловленном искании увеличивается пропускная способность *КС* или при этой же нагрузке уменьшаются потери сообщения, однако при этом увеличивается объем оборудования *УУ*. Вследствие этого в каждом отдельном случае необходимо производить технико-экономическое сравнение *УУ*, работающих в соответствии с различными алгоритмами.

До сих пор мы считали, что операция, сопоставленная определенному члену ЛСА, реализуется отдельным *ФБ*. Однако анализ ЛСА, с учетом содержательного смысла каждого из ее членов, показывает целесообразность объединения некоторой совокупности операций для их реализации в одном *ФБ*, поскольку это позволяет строить его наиболее экономичным образом. Поэтому число *ФБ* в *УУ* в общем случае не совпадает с числом операций, реализуемых *УУ*, функционирование которого описывается соответствующей ЛСА. Разделение операций по *ФБ* должно производиться с учетом содержательного смысла операций, сопоставленных тем или иным членам ЛСА. Так, можно считать, что операции выбора объектов коммутационной системы, сопоставленные операторам $A^j{}_X(A^1{}_X, A^2{}_X, \ldots)$, $A^j{}_Y(A^1{}_Y, A^2{}_Y)$ и т. д., и операции проверки состояния выбранных объектов, сопоставленные логическим условиям $p^i{}_X\,(p^1{}_X, p^2{}_X, \ldots)$, $p^j{}_Y\,(p^1{}_Y, p^2{}_Y, \ldots)$ и т. д., следует реализовать в одном *ФБ*, производящем выбор и проверку состояния определенного типа объектов $A^i{}_X p^i{}_X$, $A^j{}_Y p^j{}_Y$ и т. д.

11.5. АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ИСКАНИЯ

Общие сведения

Управление установлением соединения на АТС представляет собой процесс переработки управляющей информации, содержащей сведения об адресах входа и выхода коммутационной системы и о состоянии коммутационных элементов разговорного тракта в момент поступления требования на установление соединения. В результате обработки этой информации управляющее устройство вырабатывает сигналы, которые воздействуют на коммутационную систему и обеспечивают установление соединения. В случае невозможности установления соединения порядок работы управляющего устройства изменяется. Это приводит к тому, что в системах с явными потерями выдается сигнал занятости, а в системах с ожиданием вызов ставится на ожидание.

Способ получения информации об адресах входа и выхода, между которыми требуется установить соединение, зависит от режима работы данной коммутационной системы. В режиме свободного искания информация об адресе входа, по которому поступил вызов, поступает в управляющее устройство в процессе искания входа, а информация о номере выхода и соединительного пути — в процессе искания выхода, который может быть предоставлен для соединения.

В режиме группового и линейного искания информация об адресе входа поступает так же, как и при свободном искании, а информация об адресе выхода должна быть получена из регистра. При групповом искании из регистра поступает информация только о номере направления, в котором устанавливается соединение, а выход отыскивается в процессе свободного искания среди выходов данного направления.

Алгоритм работы управляющего устройства по установлению соединения через заданную коммутационную систему зависит от режима работы коммутационной системы, ее параметров, требуемой скорости установления соединения и специальных требований к порядку обслуживания тех или иных источников нагрузки.

Следует отметить, что алгоритм работы управляющего устройства отражает только порядок обработки информации и не указывает на технические средства реализации коммутационной системы и функциональных блоков, участвующих в этой обработке. Поэтому коммутационные системы, имеющие различную техническую реализацию, могут иметь одинаковые алгоритмы работы. Но при реализации алгоритма технические средства обработки информации в некоторых случаях вызывают видоизменение алгоритма (увеличение или уменьшение количества операций и др.). Это приводит как к различным качественным показателям обслуживания соединений, так и различным капитальным затратам на оборудование управляющих устройств.

Алгоритм работы управляющего устройства в режиме свободного искания

Рассмотрим процесс работы управляющего устройства трехзвенной односвязной пространственной коммутационной системы (рис. 11.2), работающей в режиме свободного искания. При состав-

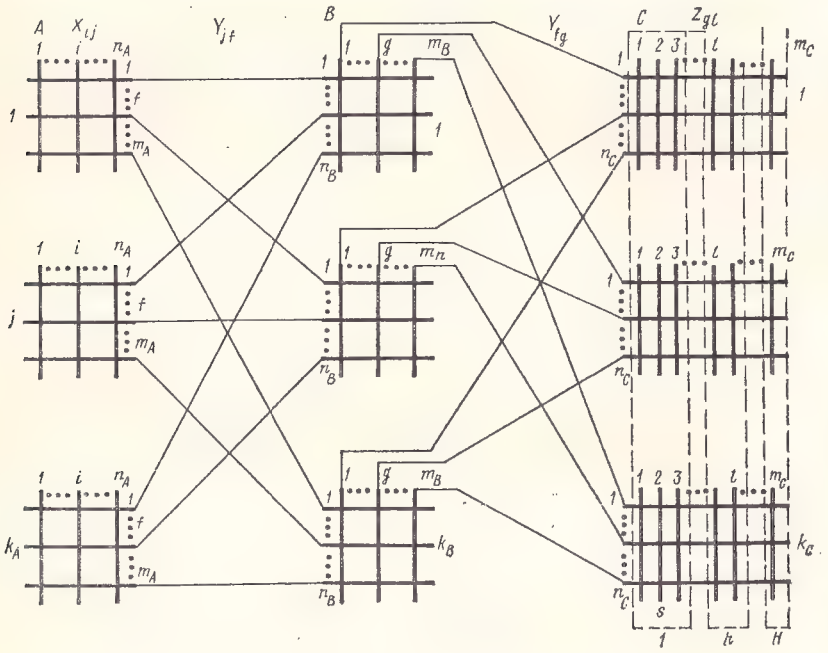


Рис. 11.2. Структурная схема трехзвенной *КС*

лении алгоритма работы управляющего устройства будем учитывать только те операции, которые непосредственно связаны с процессом установления соединения между входами и выходами *КС*.

Процесс установления соединения через данную *КС* состоит из определения: а) входа X_{ij}, на который поступил вызов ($И_1$); б) промежуточных линий Y_{jf}, Y_{fg} между звеньями *AB* и *BC* ($И_2$ и $И_3$); в) свободного выхода Z_{gl} ($И_4$), а также включения коммутационных элементов в выбранных точках коммутации ($И_5$).

Алгоритм работы управляющего устройства, составленный из укрупненных операторов, будет иметь вид

$$\overset{13}{\downarrow} И_1 И_2 И_3 И_4 И_5 \overset{1}{\uparrow}. \qquad (11.1)$$

Процесс определения входа, по которому поступил сигнал вызова (укрупненный оператор $И_1$), в свою очередь, складывается

ния отыскания: а) коммутатора, в котором имеется вызов, и входа в этом коммутаторе, находящегося в состоянии вызова.

В соответствии со структурой трехзвенной *КС* вход *X* звена *A* определяется двумя координатами: i — номером входа в коммутаторе звена *A* ($i=1, 2, ..., n_A$) и j — номером коммутатора звена *A* ($j=1, 2, ..., k_A$). Поэтому отыскание входа, по которому поступил вызов, заключается в последовательном изменении значений координат i и j, выборе входа с текущими значениями координат i и j и проверке его состояния. Граф-схема алгоритма работы *УУ* в режиме свободного искания приведена на рис. 11.3, где

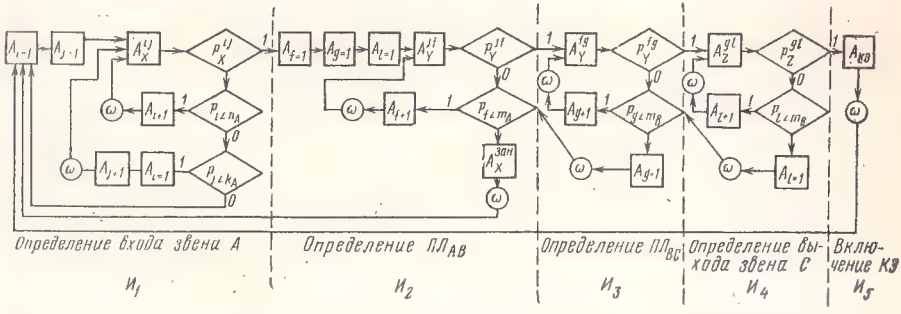


Рис. 11.3. Граф-схема алгоритма работы *УУ* в режиме свободного искания

операторы обозначены в квадратах, логические условия p — в ромбах, а ω — в окружностях. Логическая схема алгоритма укрупненного оператора $И_1$ имеет вид

$$И_1 = \overset{3}{\downarrow} A_{i=1} A_{j=1} \overset{1}{\downarrow} A^{ij}_X \bar{p}^{ij}_X \overset{4}{\uparrow} p_{i<n_A} \overset{2}{\uparrow} A_{i+1} \omega \overset{1}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} p_{j<k_A} \times$$

$$\times \overset{3}{\uparrow} A_{i=1} A_{j+1} \omega \overset{1}{\uparrow}. \qquad (11.2)$$

В логической схеме алгоритма (11.2) принят переход к соседнему члену ЛСА при $p=1$.

Содержание логических условий и операторов ЛСА $И_1$ следующее:

$A_{i=1}$ — придать координате i значение, равное 1;

$A_{j=1}$ — придать координате j значение, равное 1;

$A^{ij}{}_X$ — выбрать вход звена *A* с текущими значениями координат i и j;

$p^{ij}{}_X$ — проверить состояние входа с координатами i и j ($p_X{}^{ij}=1$, если данный вход находится в состоянии вызова; $p_X{}^{ij}\leqslant 0$, если вызов на входе с координатами i и j отсутствует);

$p_{j<n_A}$ — проверить текущее значение координаты i ($p_{i<n_A}=1$, если текущее значение координаты меньше n_A; $p_{i<n_A}=0$, если текущее значение координаты равно n_A);

A_{i+1} — увеличить значение координаты i на 1;

ω — безусловно перейти по стрелке $\uparrow$;

$p_{j>k_A}$ — проверить текущее значение координаты j ($p_{j<k_A}=1$,

если текущее значение координаты меньше k_A; $p_{j<k_A}=0$, если текущее значение координаты равно k_A);

A_{j+1} — увеличить значение координаты j на 1.

Если при выполнении укрупненного оператора $И_1$ логическое условие p_X^{ij} окажется равным 1, т. е. вход с координатами i и j находится в состоянии вызова, то осуществляется переход к укрупненному оператору $И_2$ (11.3), поскольку при этом $\bar{p}^{ij}{}_X=0$. Как известно, в звеньевых коммутационных системах должно осуществляться обусловленное искание промежуточных линий и выходов, поэтому выполнение операторов $И_2$, $И_3$ и $И_4$ должно быть взаимосвязано. После отыскания входа X значения его координат i и j изменять нельзя и процесс определения соединительного пути между данным входом и любым свободным входом звена C заключается в последовательном изменении значений координат f, g и l, выборе $ПЛ_{AB}$, $ПЛ_{BC}$ и выхода Z_{gl} с текущими значениями координат f, g и l и проверке состояния промежуточных линий и выхода.

Логические схемы алгоритма укрупненных операторов $И_2$, $И_3$ и $И_4$ имеют вид:

$$И_2 = \overset{4}{\downarrow} A_{f=1}\, A_{g=1} A_{l=1} \overset{7}{\downarrow} A_Y^{ij}\, \bar{p}_Y^{ij} \overset{5}{\uparrow} \overset{10}{\downarrow} p_{f<m_A} \overset{6}{\uparrow} A_{f+1}\,\omega \times$$
$$\times \overset{7}{\uparrow} \overset{6}{\downarrow} A_X^{\text{зан}}\,\omega \overset{3}{\uparrow}; \qquad (11.3)$$

$$И_3 = \overset{5}{\downarrow} A_Y^{fg}\, \bar{p}_Y^{fg} \overset{8}{\uparrow} \overset{13}{\downarrow} p_{g<m_F} \overset{9}{\uparrow} A_{g+1}\,\omega \overset{5}{\uparrow} \overset{9}{\downarrow} A_{g=1}\,\omega \overset{10}{\uparrow}; \qquad (11.4)$$

$$И_4 = \overset{8}{\downarrow} A_Z^{gl}\, \bar{p}_Z^{gl} \overset{11}{\uparrow} {}_{p_l<m_C} \overset{12}{\uparrow} A_{l+1}\,\omega \overset{8}{\uparrow} \overset{12}{\downarrow} A_{l=1}\,\omega \overset{13}{\uparrow}. \qquad (11.5)$$

Содержание операторов и логических условий ЛСА (11.3—11.5) следующее:

$A_{f=1}$ — придать координате f значение 1;

$A_{g=1}$ — придать координате g значение 1;

$A_{l=1}$ — придать координате l значение 1;

$A^{ij}{}_Y$ — выбрать $ПЛ_{AB}$ с текущими значениями координат j и f;

$p^{ij}{}_Y$ — проверить состояние $ПЛ_{AB}$ с текущими значениями координат j и f ($p^{ij}{}_Y=1$, если промежуточная линия Y с координатами j и f свободна; $p^{ij}{}_Y=0$, если промежуточная линия Y с координатами j и f занята);

$p_{f<m_A}$ — проверить текущее значение координаты f ($p_{f<m_A}=1$, если текущее значение координаты меньше m_A; $p_{f<m_A}=0$, если текущее значение кородинаты f равно m_A);

A_{f+1} — увеличить значение координаты f на 1;

ω — безусловно перейти по стрелке $\uparrow$;

$A^{fg}{}_Y$ — выбрать $ПЛ_{BC}$ с координатами f и g;

$p^{fg}{}_Y$ — проверить состояние $ПЛ_{BC}$ с текущими значениями координат f и g ($p^{fg}{}_Y=1$, если $ПЛ_{BC}$ с координатами f и g свободна; $p^{fg}{}_Y=0$, если $ПЛ_{BC}$ с координатами f и g занята);

$p_{g<m_B}$ — проверить текущее значение координаты g ($p_{g<m_B}=1$, если текущее значение координаты меньше m_B; $p_{g<m_B}=0$, если текущее значение координаты g равно m_B);

A_{g+1} — увеличить значение координаты g на 1;

$A^{gl}{}_Z$ — выбрать выход Z с координатами g и l;

$p^{gl}{}_Z$ — проверить состояние выхода Z с текущими координатами g и l ($p^{gl}{}_Z=1$, если выход Z свободен; $p^{gl}{}_Z=0$, если выход Z занят);

$p_{l<m_C}$ — проверить текущее значение координаты l ($p_{l<m_C}=1$, если текущее значение координаты l меньше m_C; $p_{l<m_C}=0$, если текущее значение координаты l равно m_C);

где $A_X^{\text{зан}}$ — выдать сигнал занятости на вход X.

После выполнения операций отыскания $ПЛ_{AB}$, $ПЛ_{BC}$ и свободного выхода Z осуществляется переход к этапу включения коммутационных элементов $И_5$. Логическая схема алгоритма этого этапа состоит из оператора $A_{\text{кэ}}$, производящего включение коммутационных элементов в точках коммутации звеньев A, B и C, и указателя безусловного перехода ω:

$$И_5 = \overset{\text{и}}{\downarrow} A_{\text{кэ}}\,\omega \overset{3}{\uparrow}. \qquad (11.6)$$

После окончания обслуживания входа X управляющее устройство устанавливается в исходное состояние и начинает выполнять алгоритм отыскания нового входа, по которому поступил сигнал вызова.

Алгоритм работы управляющего устройства в режиме группового искания

В режиме группового искания управляющее устройство, определив вход X, по которому поступил вызов, должно принять по этому входу информацию о номере требуемого направления, а затем отыскать свободные и доступные промежуточные линии и свободный выход в требуемом направлении. Поэтому процесс установления соединения в режиме группового искания состоит из следующих этапов:

$И_1$ — определение входа X, на который поступил вызов;

$И_6$ — прием информации по входу X о номере требуемого направления H;

$И_2$, $И_3$, $И_4$ — определение промежуточных линий $ПЛ_{AB}$, $ПЛ_{BC}$ и свободного выхода Z в требуемом направлении;

$И_5$ — включение коммутационных элементов.

Алгоритм работы управляющего устройства в режиме группового искания, составленный из укрупненных операторов, имеет вид

$$\overset{1}{\downarrow} И_1 И_6 И_2 И_3 И_1 И_5\,\omega \overset{3}{\uparrow}.$$

Процесс отыскания входа X, по которому поступил сигнал вызова, не отличается от аналогичного процесса в режиме свободного искания и может быть записан в виде логической схемы алгоритма (11.2).

Для характеристики направления в режиме группового искания на звене C координата h имеет столько значений, сколько образовано направлений H на звене C (см. рис. 11.2). Если при образовании направлений $q>1$, то вводится еще одна координата s, характеризующая выход в направлении из каждого коммутатора звена C. В процессе выбора соединительного пути и выхода в требуемом направлении значение координаты h изменяться не может. Поэтому в логической схеме алгоритма определения свободного соединительного пути и выхода в режиме группового искания ($И_2$, $И_3$, $И_4$), по сравнению с режимом свободного искания, изменится та его часть, которая относится к процессу выбора выхода звена C. Для приема информации о номере направления (координата h) и отыскания свободного выхода из коммутатора звена C в этом направлении (координата s) выполняется укрупненный оператор $И_6$, состоящий из двух новых операторов:

$A_{h=H}$ — принять информацию о требуемом направлении и придать координате h значение этого направления (H_1, H_2 и т. д.);

$A_{s=1}$ — придать координате s значение, равное 1.

Тогда логическая схема алгоритма работы управляющего устройства в режиме группового искания для $И_6$, $И_2$, $И_3$, $И_4$ будет иметь вид:

$$И_6 = \overset{4}{\downarrow} A_{h=H} A_{s=1} \text{ переход к } И_2; \tag{11.7}$$

$$И_2 = A_{f=1} A_{g+1} \overset{7}{\downarrow} A_Y^{lf} \overline{p}_Y^{lf} \overset{5}{\uparrow} \overset{10}{\downarrow} p_{f<m_A} \overset{6}{\uparrow} A_{f+1} \omega \times$$

$$\times \overset{7}{\uparrow} \overset{6}{\downarrow} A_X^{\text{зан}} \omega \overset{3}{\uparrow}; \tag{11.8}$$

$$И_3 = \overset{5}{\downarrow} A_Y^{fg} \overline{p}_Y^{fg} \overset{8}{\uparrow} \overset{13}{\downarrow} p_{g<m_B} \overset{9}{\uparrow} A_{g+1} \omega \overset{5}{\uparrow} \overset{9}{\downarrow} A_{g=1} \omega \overset{10}{\uparrow}; \tag{11.9}$$

$$И_4 = \overset{8}{\downarrow} A_Z^{ghs} \overline{p}_Z^{ghs} \overset{13}{\uparrow} p_{s<g} \overset{12}{\uparrow} A_{s+1} \omega \overset{8}{\uparrow} \overset{12}{\downarrow} A_{s=1} \overset{13}{\uparrow}. \tag{11.10}$$

При этом $И_1$ соответствует алгоритму (11.3), а $И_5$ алгоритму (11.6).

Граф-схема алгоритма работы управляющего устройства в режиме группового искания приведена на рис. 11.4.

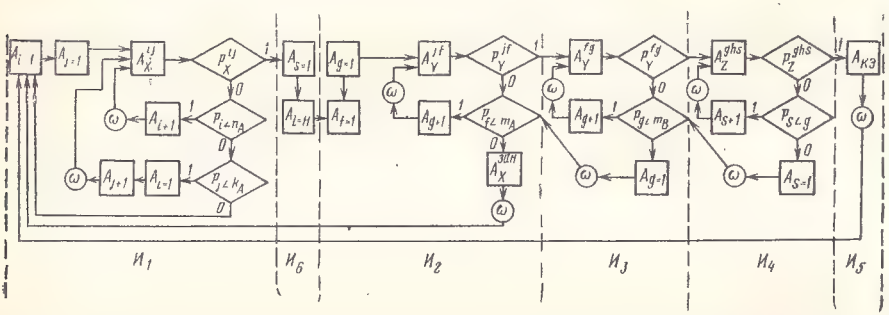


Рис. 11.4. Граф-схема алгоритма работы УУ в режиме группового искания

Алгоритм работы управляющего устройства в режиме линейного искания

В режиме линейного искания требуется соединить вход звена A, по которому поступил вызов, с определенным выходом звена C. Информация о координатах g и l выхода звена C поступает в *УУ* из регистра или комплекта набора номера. Поэтому в процессе отыскания соединительного пути между входом и выходом KC значения указанных координат изменяться не могут.

Работа управляющего устройства в режиме линейного искания также начинается с определения входа звена A, по которому поступил сигнал вызова. Для этого выполняются операции, соответствующие укрупненному оператору $И_1$ (11.3). При отыскании соединительного пути имеется возможность изменять значения только координаты f, что вызывает сокращение количества операций при выполнении операторов $И_2$, $И_3$ и $И_4$ (обозначим их $И'_2$, $И'_3$ и $И'_4$). После выполнения этапа $И_1$ принимается информация о координатах выхода звена C, для чего вводятся операторы $A_{g=G}$ и $A_{l=L}$ ($И'_6$), далее проверяется состояние требуемого выхода ($И'_4$). Если выход свободен, отыскивается $ПЛ_{AB}$ ($И'_2$) и $ПЛ_{BC}$ ($И'_3$), посредством которых может быть установлено соединение входа X с выходом Z, и далее включаются коммутационные элементы в выбранном соединительном пути звеньев A, B и C ($И_5$). Таким образом, последовательность выполнения алгоритма в режиме линейного искания будет $\downarrow^1 И_1\, И'_6\, И'_4\, И'_2\, И'_3\, И_5 \uparrow^1$, где

$$И'_6 = A_{g=G} A_{l=L} \text{ переход к } И'_4; \tag{11.11}$$

$$И'_4 = A_Z^{gl}\, \overline{p}_Z^{gl} \overset{5}{\uparrow} \overset{8}{\downarrow} A_X^{\text{зан}}\, \omega \overset{3}{\uparrow}; \tag{11.12}$$

$$И'_2 = \overset{5}{\downarrow} A_{f=1} \overset{}{\downarrow} A_Y^{jf}\, \overline{p}_Y^{jf} \overset{6}{\uparrow} \overset{9}{\downarrow} p_{f<m_A} \overset{8}{\uparrow} A_{f+1}\, \omega \overset{7}{\uparrow}; \tag{11.13}$$

$$И'_3 = \overset{6}{\downarrow} A_Y^{fg}\, \overline{p}_Y^{fg} \overset{9}{\uparrow} \text{ переход к } И_5. \tag{11.14}$$

Граф-схема алгоритма работы *УУ* в режиме линейного искания приведена на рис. 11.5.

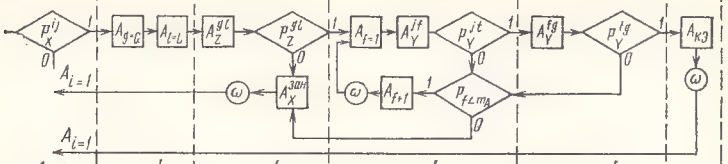


Рис. 11.5. Граф-схема алгоритма работы *УУ* в режиме линейного искания

Общее количество операторов, логических условий и указателей безусловных переходов в логических схемах алгоритмов работы для различных режимов искания приведено в табл. 11.1.

Таблица 11.1

КОЛИЧЕСТВО ЧЛЕНОВ ЛСА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ИСКАНИЯ

Режим работы *КС*	Наименование члена ЛСА			Всего членов ЛСА
	A	p	ω	
Свободное искание	20	9	9	38
Групповое искание	20	9	8	37
Линейное искание	15	7	5	29

Таким образом, в режиме линейного искания логическая схема алгоритма работы управляющего устройства содержит наименьшее количество операторов и логических условий.

11.6. ПЕРЕХОД ОТ ЛСА К ПРОГРАММЕ

Приведенные ранее алгоритмы работы управляющего устройства при установлении соединений разных видов и в различных режимах искания не зависят от технических средств реализации управляющего устройства и коммутационной системы. Для квазиэлектронных систем в настоящее время существуют два способа технической реализации КС, которые определяются типом применяемого коммутационного элемента: герконового реле с электрическим удержанием и герконового реле с магнитным удержанием (феррида).

Тип коммутационного элемента оказывает влияние на структуру управляющего устройства и на технические средства его реализации. Алгоритмы выполняются управляющим устройством в виде программы, которая составляется по заданному алгоритму и в соответствии с техническими средствами реализации блоков управляющего устройства. При составлении программы по заданному алгоритму удобно пользоваться его логической схемой. Последняя определяет последовательность работы отдельных функциональных блоков *ФБ*, сопоставленных операторам A_i, логическим условиям p_j и операциям вида r_k. Функциональные блоки, сопоставленные операторам A_i, в процессе своей работы обеспечивают выполнение определенных операций по установлению соединения. После выполнения данным блоком своих функций включается *ФБ*, сопоставленный соседнему члену ЛСА. Функциональные блоки, сопоставленные логическим условиям p_j, предназначены для проверки выполнения логических условий (проверки состояния определенных объектов, проверки наличия объекта с гребуемым признаком в группе однородных объектов и проверки ряда других факторов). В результате этой проверки определяется дальнейший порядок об-

служивания соединений. Функциональные блоки *ФБ*, сопоставленные операциям вида r_k, осуществляют отыскание объекта с требуемым признаком в группе однородных объектов. Время выполнения операций r_k неодинаково и зависит от того, какой из объектов в данный момент обладает требуемым признаком.

Для выполнения своих функций *ФБ* должны получать управляющие сигналы, определяющие начало их работы. Эти сигналы называются командами управления или просто командами [26]. Поскольку в результате проверки логического условия может быть получен положительный или отрицательный результат, то *ФБ*, сопоставленные логическим условиям p_j, должны не только получать управляющие сигналы, но и вырабатывать обратные сигналы, несущие информацию о результатах работы данного блока. Эта информация должна определять дальнейший порядок установления соединения.

Очередность выдачи управляющих сигналов определяется принятым алгоритмом обслуживания соединений. Для выработки управляющих сигналов, а также для получения обратных сигналов от *ФБ* служит программное устройство *ПУ*. Путем выдачи управляющих сигналов *ПУ* обеспечивает функционирование всех блоков устройств управления. Программное устройство не только координирует работу всех *ФБ*, но и управляет также последовательностью своих действий. Таким образом, *ПУ* предназначено для выработки некоторой последовательности управляющих (выходных) сигналов, обеспечивающих включение соответствующих *ФБ* в работу по установлению соединений. Последовательность выходных сигналов (команд) *ПУ* называется *программой*.

Анализ ЛСА программного управляющего устройства с учетом характера работы конкретных *ФБ* показывает, что некоторые операции в процессе установления соединения могут выполняться одновременно и поэтому программа может содержать число команд, в общем случае меньшее или равное числу членов ЛСА. При переходе от ЛСА к программе можно объединять отдельные члены ЛСА в одну команду. Это означает, что по одной команде в работу включается несколько *ФБ*.

Сокращение числа команд, как будет показано ниже, приводит к сокращению объема оборудования и к увеличению скорости работы *УУ*, реализующего заданный алгоритм. При разработке алгоритма работы *УУ* следует составлять не один, а несколько вариантов ЛСА для того, чтобы после их анализа найти оптимальную ЛСА по соответствующим показателям и уже по оптимальной ЛСА производить объединение отдельных членов в команды, выдаваемые *ПУ*. Возможность объединения отдельных членов ЛСА зависит от содержательного смысла операций, сопоставленных этим членам. Объединяемые члены ЛСА должны удовлетворять условиям автономности и эквивалентности по переходам. Условие автономности состоит в том, что операции, сопоставленные объединяемым членам ЛСА, должны быть независимы друг от друга. Эквивалентность по переходам означает, что после выполнения опе-

раций, сопоставленных объединяемым членам ЛСА, должен осуществляться переход к выполнению одних и тех же операций или для некоторых из них адрес перехода безразличен.

В одну команду можно объединять несколько последовательно выполняемых операторов $\ldots A_i A_k A_n \ldots$, удовлетворяющих условиям автономности и эквивалентности по переходам. Время, отводимое для работы *ФБ*, сопоставленных объединенным операторам, равно длительности одного такта работы *УУ* или времени выполнения наиболее продолжительной операции. Блок, который выполняет наиболее продолжительную операцию из числа объединенных, называется основным, а остальные *ФБ* должны требовать для своей работы времени, равного или меньшего времени работы основного блока.

Операторы A_i и логические условия p_j объединяются в одну команду $\ldots A_i p_j \ldots$, если работа *ФБ*, сопоставленных данным членам ЛСА, может проходить одновременно и если работа блока, сопоставленного оператору A_i, не влечет за собой изменение состояния объектов, проверяемых блоков, сопоставленных логическому условию p_j, т. е. если эти члены ЛСА обладают свойством автономности. В пределах одной команды может быть только одно логическое условие p_j, а число объединяемых операторов может быть любым, причем каждый из них должен удовлетворять условиям автономности и эквивалентности по переходам. Переход *ПУ* в следующее состояние должен быть поставлен в зависимость от результатов работы блока, сопоставленного логическому условию p_j.

Однако в процессе выполнения алгоритма возможны такие моменты, когда некоторые логические условия могут выполняться одновременно. Выбор следующей команды зависит от того, какая из двух одновременно осуществляемых операций закончится быстрее. Обязательным условием для одновременного выполнения таких логических условий является их автономность. Логические условия, которые могут выполняться одновременно, будем обозначать буквой z. Функциональные блоки, реализующие логические условия вида z, должны иметь прямые связи с *ПУ* для включения блоков и обратные — для передачи сигнала об окончании их работы. Логическая схема алгоритма работы *УУ* при наличии одновременно выполняемых логических условий имеет вид

$$\ldots A_0 A_1 \left[\begin{matrix} z_б \; \omega \overset{1}{\uparrow} \\ z_a \end{matrix} \right] A_2 \overset{1}{\downarrow} A_3 \ldots .$$

Если первой заканчивается операция в *ФБ*, сопоставленном с z_a, то следующим будет работать *ФБ*, реализующий оператор A_2. Если же первым закончит работу *ФБ*, сопоставленный с логическим условием $z_б$, то следующим будет работать блок, реализующий оператор A_3, к которому адресует знак перехода. Поскольку в процессе работы этих *ФБ* одновременно могут быть получены сигналы об окончании их работы, то в *ПУ* должна быть предус-

мотрена схема взаимной блокировки, обеспечивающая переход *ПУ* в одно из двух состояний, т. е. один из двух одновременно работающих *ФБ* должен иметь преимущество. Какому именно блоку отдается преимущество, определяется при конкретном проектировании с учетом значимости того или иного блока в системе управления. Например, если в управляющем устройстве АТС одновременно работают два *ФБ*, один из которых отыскивает линию абонента, по которой поступил исходящий вызов, а другой — регистр (или связанный с ним комплект соединительной линии) с законченным набором номера (при входящем вызове), то дается преимущество второму блоку, т. е. сначала будет обслуживаться входящий вызов, а затем исходящий, если они поступили одновременно.

В одну команду можно совмещать оператор A_i (или несколько операторов) и логическое условие ω, эквивалентное по переходу.

При переходе от ЛСА к программе команды, содержащие несколько членов ЛСА, отделяются вертикальной чертой или квадратными скобками:

$$[\ldots A_0 \overset{2}{\downarrow} A_1 \begin{bmatrix} z_\delta\, \omega \overset{1}{\uparrow} \\ z_a \end{bmatrix} A_2 \overset{1}{\downarrow} A_3 \left[A_4 p_1 \overset{2}{\uparrow}\right] A_5 \left[A_6 A_7 p_2 \overset{3}{\uparrow}\right] \ldots$$

$$\ldots \overset{3}{\downarrow} [A_i A_{i+1}] \ldots$$

Такая программа показывает, что управляющий сигнал из *ПУ* в некоторых случаях поступает одновременно в несколько *ФБ*, работа которых может быть совмещена по времени и взаимно независима.

При объединении в одну команду нескольких операторов или оператора и операции вида r_k определяющим моментом для перевода *ПУ* из одного состояния в другое является окончание работы *ФБ*, выполняющего самую продолжительную операцию. Если команды содержат операторы и логические условия, то определяющим моментом для перевода *ПУ* в новое состояние является получение обратного сигнала из *ФБ*, реализующего логическое условие.

Программное устройство может переводиться в следующее состояние или по сигналу, поступающему от тактового генератора, или по сигналу, поступающему в *ПУ* из *ФБ* после выполнения им своих функций. В первом случае время выполнения операции наперед задано, а во втором оно может изменяться в соответствии с продолжительностью выполняемых операций. Способ воздействия на *ПУ* с целью перевода его из одного состояния в другое определяется режимом его работы.

ГЛАВА 12

ЭЛЕКТРОННЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

12.1. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Установление соединения между входами и выходами коммутационной системы осуществляется управляющим устройством (одним или несколькими), которое должно обеспечивать принятый порядок обслуживания соединений на данном коммутационном узле. В зависимости от способа построения управляющие устройства могут выполнять все или только часть функций по установлению соединений. По выполняемым функциям различают три разновидности управляющих устройств: а) обеспечивающие все виды соединений в пределах одного (или нескольких) коммутационных блоков одной ступени искания; б) выполняющие только часть функций по установлению соединений или соединения одного вида (такие управляющие устройства называют *функциональными*); в) выполняющие все функции при установлении всех видов соединений в пределах всей коммутационной системы узла или станции (такие *УУ* называют *централизованными*).

Способ построения управляющих устройств оказывает влияние на объем оборудования коммутационной системы. Из приведенных трех способов построения управляющих устройств первый требует наибольшего объема коммутационного оборудования, так как управляющее устройство каждой ступени искания устанавливает соединения между входом и выходом этой ступени, после чего освобождается, не дожидаясь окончания установления соединения через все ступени искания. При этом может оказаться, что выход ступени искания, к которому установлено соединение, не имеет в последующих ступенях искания свободных и доступных ему промежуточных линий, тогда как другим выходам данной ступени доступны свободные промежуточные линии на последующих ступенях искания. Для снижения вероятности потерь по указанным причинам необходимо увеличивать число промежуточных линий и выходов на каждой ступени искания.

При втором способе построения управляющие устройства станций подразделяются на группы в зависимости от выполняемых ими функций при установлении различных видов соединений. В одних случаях каждая группа *УУ* обслуживает различные виды связи: исходящую, входящую и внутреннюю. Внутри группы одновременно может устанавливаться только одно соединение, но в различных группах установление соединения может происходить параллельно. В других случаях каждая группа *УУ* обслуживает различные этапы соединений: например, соединение от вызывающей линии к свободному шнуровому комплекту и от шнурового комплекта к вызываемой линии и т. п. Такой способ построения управляющих устройств обеспечивает уменьшение объема

коммутационного оборудования по сравнению со способом управления по ступеням искания.

Минимальный объем коммутационного оборудования имеют коммутационные системы с централизованным управляющим устройством, которое управляет установлением соединений в пределах всей КС станции «от конца к концу» (от входа к выходу). В процессе установления соединения управляющее устройство взаимодействует с коммутационной системой, комплектами каналов (линий) и групповыми устройствами (регистрами или кодовыми приемниками и передатчиками), принимающими и передающими управляющую информацию, необходимую для установления требуемого соединения. Для выполнения своих функций *УУ* должно иметь соответствующее число функциональных блоков *ФБ*, каждый из которых выполняет определенную задачу (операцию или группу операций) при установлении соединения через *КС* узла. Это означает, что при образовании соединительного пути через *КС* для разных видов соединений принимает участие разное количество *ФБ* управляющего устройства с разной очередностью их работы. Количество функциональных блоков *УУ* и их структура зависят от количества функций, возложенных на *УУ* в процессе установления соединений, которые в значительной степени определяются емкостью *КС*, схемой группообразования, способом искания, режимом работы тех или иных ступеней искания, количеством категорий абонентских и соединительных линий, требуемой величиной надежности.

Очередность работы *ФБ* определяется принятым алгоритмом работы *УУ* по установлению соединений, а обеспечивается соответствующими связями между *ФБ*. Существует два способа связи между *ФБ*, обеспечивающие определенную последовательность их работы: 1) *ФБ* имеют непосредственные («жесткие») функциональные связи между собой (см. рис. 4.8*а*); 2) *ФБ* взаимодействуют через программное устройство (см. рис. 4.8*б*).

При непосредственной связи между *ФБ* число функциональных связей между блоками зависит от числа видов соединений, количества категорий источников информации, числа возможных состояний объектов коммутационной системы и каналов связи и т. п. Для передачи и приема сигналов взаимодействия между блоками, определяющими очередность их работы при установлении соединений, в каждом *ФБ* должны быть предусмотрены специальные схемы. Если требуется изменить порядок обслуживания соединений (например, перевести источник информации из одной категории в другую), то необходимо изменить функциональные связи между отдельными блоками, что связано с изменением режимов работы тех элементов, которые обеспечивают передачу и прием сигналов взаимодействия между блоками.

Программный способ построения *УУ* позволяет устранить функциональные связи между отдельными блоками. Это приводит к упрощению тех схем *ФБ*, которые принимают и выдают сигналы управления.

Схемы приема и выдачи сигналов взаимодействия между *ФБ* и *ПУ* могут быть одинаковыми для всех *ФБ*. При этом способе построения *УУ* в случае необходимости можно добавлять *ФБ* и менять очередность их работы без изменения схем уже существующих *ФБ*. Для этого достаточно изменить очередность выдачи управляющих сигналов из *ПУ*, что достигается изменением порядка выполнения программы. При введении новых видов обслуживания достаточно ввести в программу работы *УУ* дополнительные подпрограммы и обеспечить переход к ним в процессе установления соединения.

Программное управление позволяет предоставлять отдельным категориям абонентов различные условия обслуживания, например обслуживание вне очереди, для чего в случае необходимости освобождаются занятые соединительные пути или каналы; осуществлять следящий контроль за установленным соединением; восстанавливать нарушенное соединение без участия абонента; устанавливать соединения по двум и более паралелльным путям для обеспечения заданной надежности; устанавливать соединения по обходным путям в случае, если основные пути заняты или повреждены. При программном управлении в случае необходимости можно изменять категории отдельных абонентов или вводить новые категории обслуживания путем добавления соответствующих *ФБ* в *УУ*, но при этом ранее существующие блоки не подвергаются изменениям, а программа работы по обслуживанию соединений обеспечивает новый порядок выдачи сигналов из *ПУ* в различные *ФБ*. Это позволяет гибко строить систему управления, не закладывая всех возможностей в начальной стадии введения *КУ*, а вводя их по мере необходимости путем добавления различных *ФБ* с одновременным увеличением числа команд для управления этими блоками.

Особенно большое значение приобретает программный способ управления в тех коммутационных узлах, где возможны переключения большого числа каналов в соответствии с состоянием сети для обеспечения связи в требуемых направлениях. Если на узле имеется информация о состоянии сети, поступающая из устройств управления сетью, то по этой информации *ПУ* может обеспечить выбор оптимального пути прохождения соединения между передатчиком и приемником информации. По информации о состоянии каналов в тех или иных направлениях *ПУ* может, в случае необходимости, направить соединение по обходным путям. Это позволяет осуществлять динамическое управление сетью связи.

Программный способ построения *УУ* позволяет контролировать работу оборудования путем создания контрольных («тестовых») программ. Во время выполнения контрольной программы автоматически проверяется состояние оборудования, неисправные приборы блокируются и включаются резервные. Имеется также возможность вводить проверочные испытания в основную программу, т. е. обеспечивать поэтапный контроль при установлении соеди-

ний, например, путем контроля длительности выполненных операций. Если операция не заканчивается в определенный отрезок времени, то *ПУ* производит повторное установление соединения, начиная с той операции, которая не завершилась. Если при повторной попытке завершить операцию не было достигнуто положительного результата, то *ПУ* включает резервный блок, который завершает установление соединения и одновременно передает сигнал в контрольное устройство о неисправности соответствующего блока.

12.2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Централизованные программные управляющие устройства состоят из двух основных видов оборудования: периферийного и центрального. Периферийное оборудование, образующее периферийные управляющие устройства *ПУУ*, включает в себя функциональные блоки, непосредственно связанные с объектами коммутационной системы узла и включенными в нее комплектами. Периферийные управляющие устройства передают сигналы управления, а также информацию о координатах и состоянии объектов между центральным блоком и управляемыми объектами. Кроме того, *ПУУ* согласуют по частоте следования и мощности передаваемые сигналы между коммутационной системой, комплектами и центральным управляющим устройством *ЦУУ*. В состав *ПУУ*, как правило, входят определители объектов (входов, выходов, промежуточных линий коммутационной системы, комплектов и регистров), блоки включения коммутационных элементов *БВКЭ* и подключающие устройства.

На станциях и узлах обычно имеется несколько групп *ПУУ*, каждая из которых обслуживает определенную часть коммутационного оборудования, комплектов и т. п. Различия в структуре *ПУУ* разных систем АТС зависят от распределения функций между отдельными *ПУУ* и центральным управляющим устройством, а также от алгоритма работы управляющего устройства. При проектировании *ПУУ* и *ЦУУ* и распределении функций между ними учитываются структура коммутационной системы, принцип работы коммутационных элементов, экономические показатели, технические возможности, конструктивное расположение оборудования. В зависимости от способа организации работы *ПУУ* можно разделить на активные, выполняющие большую часть своих функций без команд из *ЦУУ*, и пассивные, действующие только по командам из *ЦУУ*.

Основными блоками центрального управляющего устройства *ЦУУ* являются программное устройство *ПУ*, запоминающее устройство *ЗУ*, состоящее из оперативного *ОЗУ* и полупостоянного *ППЗУ*, и подключающие устройства, обеспечивающие взаимодействие между *ЦУУ* и *ПУУ*.

Блочное построение коммутационного оборудования и выделение в управляющем устройстве периферийных и центральных блоков позволяет при увеличении емкости АТС одновременно наращивать коммутационное и периферийное управляющее оборудование. В центральном управляющем устройстве соответственно увеличивается емкость запоминающих устройств и вносятся некоторые изменения в программу его работы.

При построении коммутационных узлов с централизованным программным управлением применяются два способа хранения информации о состоянии объектов коммутационной системы: с помощью служебных контактов коммутационной системы и посредством оперативного запоминающего устройства *ОЗУ*, входящего в состав *ЦУУ*. При использовании первого способа свободный соединительный путь выбирают определители промежуточных линий и выходов, которые получают информацию о состоянии объектов через служебные контакты коммутационной системы. В таких системах управляющее устройство для выполнения своих функций должно содержать следующие основные функциональные блоки (рис. 12.1): определитель абонентских линий *ОАЛ*,

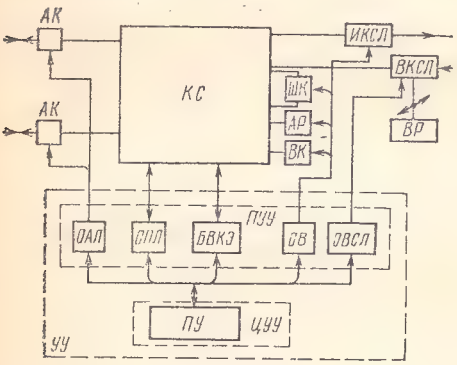


Рис. 12.1. Управляющее устройство с замонтированной программой

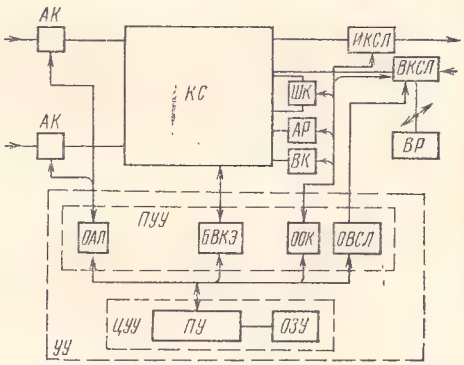


Рис. 12.2. Управляющее устройство с записанной программой

работающий при исходящей и входящей связи; определитель промежуточных линий *ОПЛ*; определитель входящих соединительных линий *ОВСЛ*; определитель выходов коммутационной системы (исходящих соединительных линий, абонентских регистров, шнуровых комплектов, вспомогательных комплектов) *ОВ*; блоки включения коммутационных элементов *БВКЭ*; программное устройство *ПУ*. Программное устройство представляет собой *ЦУУ*, а остальные функциональные блоки относятся к *ПУУ*. Такие управляющие устройства относятся к *УУ* с замонтированной программой.

При использовании второго способа хранения информации о состоянии объектов с помощью *ЗУ* в управляющее устройство

Вместо определителя промежуточных линий *ОПЛ* и определителя выходов *ОВ* устанавливается оперативное запоминающее устройство *ОЗУ*. В программное устройство добавляется программа поиска свободного соединительного пути. Основными функциональными блоками управляющего устройства (рис. 12.2) в этом случае будут: определитель абонентских линий *ОАЛ*, работающий только при исходящей связи; определитель отбоя комплектов *ООК*, который служит для приема сигналов отбоя из *ИКСЛ*, *ВКСЛ*, *ШК*; определитель входящих соединительных линий *ОВСЛ*; блоки включения коммутационных элементов *БВКЭ*; оперативное запоминающее устройство *ОЗУ* и программное устройство *ПУ*. Последние два функциональных блока входят в состав *ЦУУ*, остальные — в *ПУУ*. Этот вид управляющих устройств относится к *УУ* с записанной программой.

В оперативном запоминающем устройстве записывается два вида информации: информация о состоянии абонентских, промежуточных, исходящих линий, регистров, *ВК* и информация о состоянии соединительных путей. Запоминающее устройство, в котором хранится информация первого вида, должно иметь один разряд на каждую линию, регистр и комплект. Запоминающее устройство, в котором хранится информация второго вида, предусматривает одно многоразрядное слово на каждый выход из блока абонентских и блока соединительных линий. Последний вид памяти используется для временного хранения информации об установленных соединениях.

Если при использовании служебных контактов состояние входа, выхода и промежуточных линий выбранного соединительного пути отмечается на этих служебных контактах, то при отсутствии последних *УУ* после установления соединения должно записать в запоминающее устройство состояние занятых объектов. Для этого в программе работы станции предусматриваются подпрограмма записи информации об установленном соединении и подпрограмма освобождения соединительных устройств, которая выполняется при поступлении сигналов отбоя по соединительным или абонентским линиям. Выбор свободного соединительного пути, запись информации об установленном соединении и отбое при помощи *ЦУУ* увеличивают время установления соединения и, следовательно, выдвигают повышенные требования к скорости работы управляющего устройства АТС.

В системах с централизованным управлением при использовании схемной памяти применяются два способа выбора соединительного пути между заданными входом и выходом *КС*. Первый способ заключается в том, что опробование промежуточных линий и выбор соединительного пути осуществляется периферийными управляющими устройствами. Информация о результатах выбора поступает затем в центральное управляющее устройство, которое в зависимости от результатов выбора осуществляет переход к выполнению той или иной команды.

Второй способ выбора соединительного пути заключается в том, что опробование состояния линий осуществляется по команде из *ЦУУ* периферийными управляющими устройствами тех коммутационных блоков, через которые будет установлено соединение. Затем информация из периферийных устройств передается в *ЦУУ*, которое выбирает соединительный путь через *КС*.

При использовании первого способа периферийное *УУ* выбирает любой свободный соединительный путь между заданными входом и выходом, тогда как при применении второго способа существует возможность анализа информации о состоянии соединительных путей того или иного блока и выбора такого пути, занятие которого обеспечит наименьшее число блокировок для последующих соединений.

Особенностью АТС с централизованным программным управлением является возможность упрощения оконечных комплектов за счет передачи части их функций *УУ* и специальным вспомогательным упрощенным комплектам *ВК* (комплектам приема импульсов набора номера, комплектам сигнала контроля посылки вызова, комплектам посылки сигнала вызова и т. п.). Однако в некоторых случаях упрощение оконечных комплектов приводит к необходимости неоднократного переустановления соединения при обслуживании одного вызова, что увеличивает время установления соединения.

Наличие одного, общего для всей станции центрального управляющего устройства обусловливает повышение требований к его надежности. Во всех известных квазиэлектронных системах АТС с централизованным управлением применяется дублирование *ЦУУ*. При этом используются два способа совместной работы двух *ЦУУ*:

параллельная работа двух *ЦУУ*, обрабатывающих одновременно одну и ту же информацию и сравнивающих результаты после выполнения каждой операции;

поочередная работа двух *ЦУУ*.

При параллельной работе каждое из *ЦУУ* выполняет одинаковые команды одинаковых для обоих *ЦУУ* программ. Операции обоих *ЦУУ* должны быть синхронизированы. Полученные после каждой операции результаты сравниваются между собой и используются для установления соединений и для непрерывной проверки исправной работы обоих *ЦУУ*.

При поочередной работе двух *ЦУУ* каждое *ЦУУ* обслуживает половину поступающих вызовов. В случае повреждения одного *ЦУУ* другое обслуживает все соединения. Очередность работы *ЦУУ* такова, что если одно *ЦУУ* обслуживает соединение, другое *ЦУУ* в это время может принимать информацию о поступлении новых вызовов. Во время установления каждого соединения одним *ЦУУ* в другое передается информация о занятом входе, выходе и промежуточных линиях. Поэтому при выходе из строя одного *ЦУУ* другое может продолжить установление нача-

того другим *ЦУУ* соединения. Такой способ работы обеспечивает независимую работу *ЦУУ*.

Используется также такой способ совместной работы двух *ЦУУ*, при котором в установлении одного соединения могут принимать участие не только функциональные блоки одного *ЦУУ*, но и функциональные блоки из разных *ЦУУ* (рис. 12.3). Переключе-

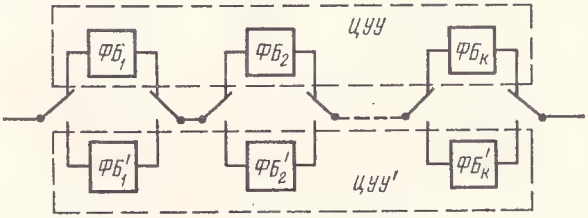


Рис. 12.3. Резервирование блоков *ЦУУ*

ние функциональных блоков двух *ЦУУ* в нормальных условиях работы производится периодически через определенные интервалы времени. При появлении сигнала о повреждении устройство анализа повреждений выявляет неисправный блок путем их поочередного переключения.

12.3. ЦЕНТРАЛЬНОЕ УПРАВЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО С ЗАМОНТИРОВАННОЙ ПРОГРАММОЙ

Режимы работы программного устройства

Состав функциональных блоков управляющего устройства с замонтированной программой представлен на рис. 12.1.

Периферийные управляющие устройства работают независимо друг от друга под действием сигналов, поступающих из *ЦУУ*. При развитии емкости АТС одновременно с установкой коммутационных блоков устанавливаются их периферийные управляющие блоки. Такое построение дает возможность избежать установки избыточного оборудования управляющего устройства при неполной емкости АТС и в то же время сохранить принцип централизованного управления.

Программное устройство ПУ предназначено для выработки последовательности выходных сигналов, обеспечивающих требуемую очередность работы отдельных функциональных блоков. Каждому выходному сигналу соответствует определенное состояние программного устройства. Каждому функциональному блоку для выполнения своих функций должно быть предоставлено требуемое время, поэтому *ПУ* не должно изменять своего состояния до тех пор, пока управляемый *ФБ* не закончит своей работы. По истечении этого времени *ПУ* должно перейти в другое состояние и включить в работу следующий *ФБ*.

Для выполнения своих функций программное устройство должно иметь программный датчик *ПД*, предназначенный для выдачи команд в соответствующие функциональные блоки *ПУУ*, а также в блоки самого программного устройства.

В зависимости от способа перевода *ПУ* из одного состояния в другое различают три режима работы программного устройства: синхронный, асинхронный и смешанный. В *синхронном* режиме работы *ПУ* (рис. 12.4*а*) программный датчик *ПД* переходит из

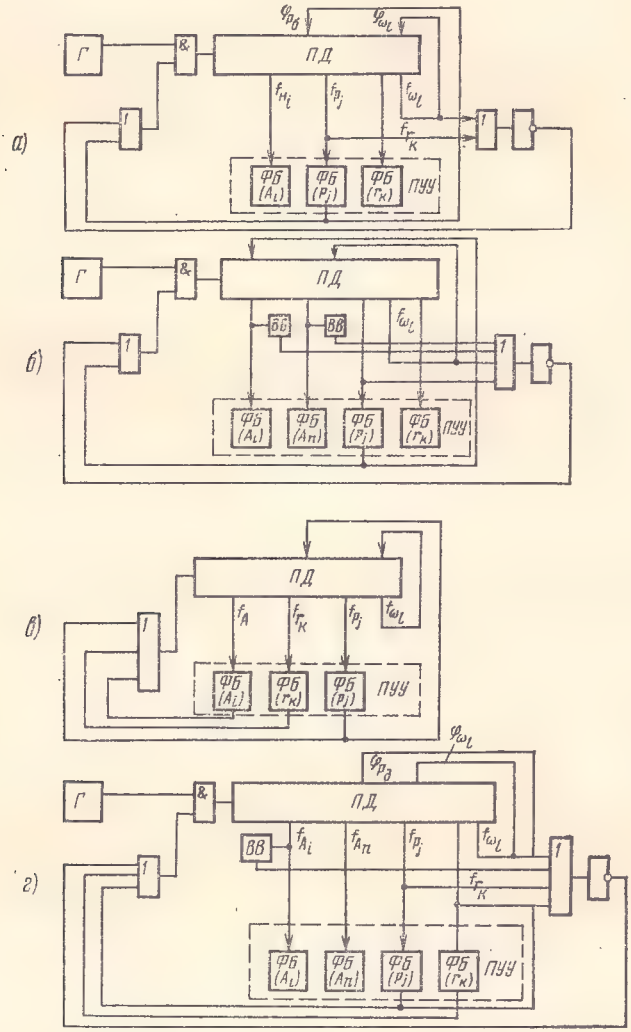


Рис. 12.4. Структурная схема *УУ* для режимов:
а) синхронного; *б*) синхронного с *ВВ*; *в*) асинхронного; *г*) смешанного

одного состояния в другое под действием тактовых импульсов от генератора *Г*. Смежные моменты времени (такты) при этом обычно разделяются равными интервалами. Продолжительность нахождения *ПУ* в том или ином состоянии в этом случае равна периоду работы генератора тактовых импульсов *Г*. Так как каждый *ФБ* выполняет определенную операцию при установлении соединения и, следовательно, время их работы различно, частота *Г* выбирается в зависимости от времени выполнения самой продолжительной операции.

Тактовые импульсы обеспечивают переход *ПУ* в смежное состояние, соответствующее выдаче соседней команды программы. Однако при выполнении алгоритма должен осуществляться переход не только к соседним командам программы, но и к командам, которые указаны в адресе перехода ЛСА. Порядок выдачи команд меняется в зависимости от значений логических условий p_j и при выполнении тождественно-ложных логических условий ω. Для перевода *ПУ* не в смежное состояние между *ПУ* и *ФБ*, которые реализуют логические операции вида p_j, должны существовать обратные связи. Те *ФБ*, которые реализуют операторы A_i, имеют прямые связи с *ПУ*. Поэтому поступление тактовых импульсов на вход ПУ должно находиться в зависимости от сигналов обратной связи и выходных сигналов *ПУ* вида ω. Если логическое условие вида p_j не выполняется ($p_j=0$) или выдается выходной сигнал, соответствующий тождественно-ложному логическому условию ω, то сигнал на выходе инвертора НЕ пропадает и тактовые импульсы от *Г* на вход *ПД* не поступают. В результате этого осуществляется перевод *ПД* по верхним (по рисунку) входам не в смежное состояние.

Достоинством синхронного режима работы *ПУ* является сведение к минимуму числа цепей обратной связи между *ПУ* и *ФБ*, а недостатком — некоторая потеря времени за счет выполнения тех операций, продолжительность которых меньше длительности такта *Г*. Потеря времени особенно сильно сказывается в устройствах управления механоэлектронных коммутационных узлов, так как часть операций, реализуемых электромеханическими устройствами (реле, искатели, МКС), требует значительного времени. Кроме того, потеря времени происходит за счет наличия в программе операций вида r_k, на выполнение которых в указанном режиме должно отводиться время, определяемое перебором всех значений координат отыскиваемого объекта, тогда как в большинстве случаев перебираются не все, а меньшее число значений координат.

Если по длительности этих операций рассчитывать частоту генератора тактовых импульсов, то время установления соединения становится значительным и основное достоинство электронного *ПУ* — его быстродействие — при таком способе полностью не используется. Однако при небольшом количестве таких операций можно иметь достаточно высокую частоту *Г*, которая выбирается исходя из длительности операций, реализуемых электронными функциональными блоками. Если операция выполняется за время,

превышающее продолжительность одного такта, устанавливается специальное электронное устройство выдержки времени *ВВ*. При наличии нескольких продолжительных операций, требующих для своего выполнения одинакового (или близкого) времени, можно использовать одно общее устройство *ВВ*. При разной длительности этих операций использование общего устройства *ВВ* становится нецелесообразным из-за большой потери времени и тогда на каждую операцию требуется свое устройство выдержки времени.

На рис. 12.4*б* приведена схема *ПУ* с устройствами *ВВ*, позволяющая при синхронном режиме снизить влияние медленно действующих блоков на общую скорость установления соединения.

В *асинхронном* режиме работы моменты перехода *ПУ* из одного состояния в другое заранее не определены и могут совершаться через неравные промежутки времени. Эти переходы обеспечиваются за счет подачи на вход *ПУ* сигналов обратной связи от каждого *ФБ* после окончания его работы (рис. 12.4*в*). При таком режиме работы *ПУ* уменьшается время установления соединения, так как переход к выполнению следующей операции происходит немедленно после окончания предыдущей. Этот режим работы *ПУ* не требует генератора. Недостатком такого режима работы является наличие большого числа цепей обратной связи, а следовательно, и входов *ПУ*, что приводит к увеличению объема оборудования как *ПУ*, так и *ФБ*, так как в последних всегда должны формироваться сигналы окончания работы.

Устранить недостатки синхронного и асинхронного режимов работы и использовать их преимущества позволяет *смешанный* (синхронно-асинхронный) режим работы *ПУ*. При этом режиме работы частота тактового генератора выбирается на основе продолжительности операций, реализуемых электронными *ФБ*. На время выполнения операций, требующих времени, превышающего время одного такта, выход генератора закрывается электронным устройством выдержки времени *ВВ* (рис. 12.4*г*).

При смешанном режиме работы *ПУ* можно также устранить непроизводительное занятие *УУ* при выполнении операций вида r_k. Управляющим сигналов f_{rk} выход генератора закрывается до тех пор, пока из *ФБ*, выполняющего операцию вида r_k, не поступит сигнал ответа. Благодаря этому оказывается возможным получить разную продолжительность операций вида r_k в зависимости от числа перебираемых значений координат.

Таким образом, тактовые импульсы поступают на вход *ПУ* в смешанном режиме работы в зависимости от сигналов обратной связи из ФБ, реализующих операции вида r_k, от сигналов из *ФБ*, передающих сигнал окончания своей работы, а также от сигналов с выходов устройств *ВВ*, обеспечивающих требуемые выдержки времени. При смешанном режиме работы часть операций может выполняться в течение одного такта работы генератора, а часть — в течение значительно большего времени. В последнем случае *ФБ*, реализующие эти операции, должны посылать в *ПУ* сигналы об окончании своей работы или переход *ПУ* в следующее состояние

должен зависеть от работы устройств выдержки времени. Применение смешанного режима работы *ПУ* позволяет значительно повысить скорость работы *УУ* по установлению соединения по сравнению с синхронным режимом. При этом незначительно увеличивается объем оборудования в основном тех блоков, которые выдают сигнал окончания своей работы. Смешанный режим работы позволяет также уменьшить число обратных связей между *ПУ* и *ФБ* по сравнению с асинхронным режимом. Окончательный выбор того или иного режима работы *ПУ* должен производиться с учетом конкретных требований, предъявляемых к устройству управления соответствующего коммутационного узла.

Синтез программного устройства

Программное устройство обеспечивает функционирование автоматической системы по заданному алгоритму, поэтому оно синтезируется в соответствии с этим алгоритмом. Анализируя содержательный смысл операторов и логических условий алгоритма, устанавливают возможность совмещения по времени отдельных операций, сопоставленных членам ЛСА. На основе этого анализа составляются команды программы, которую должно вырабатывать *ПУ* в процессе своей работы.

В процессе выполнения заданного алгоритма *ПУ* должно:

вырабатывать последовательность сигналов (команд), выдаваемых как в *ФБ*, так и в блоки самого *ПУ;*

принимать сигналы обратной связи или от всех блоков, или только от части их в зависимости от режима работы;

осуществлять переход в состояние выдачи требуемой команды в соответствии с полученными входными сигналами.

Программное устройство должно вырабатывать три типа команд: команды последовательного перехода, команды условного и безусловного переходов. К первому типу команд относятся такие, после выполнения которых всегда осуществляется соседняя по ЛСА, вполне определенная команда. Ко второму типу относятся команды, после выполнения которых в зависимости от результатов работы блока может выдаваться одна из двух возможных команд. При одном результате работы выдается смежная по порядку команда, при другом — несмежная по порядку команда. К командам третьего типа относятся команды с безусловными переходами, указывающие переход к несмежной по порядку команде.

Для выполнения своих функций *ПУ* (рис. 12.5) должны иметь:

программный датчик *ПД*, вырабатывающий последовательность выходных сигналов (команд) в соответствии с заданным алгоритмом;

логическую схему *L*, которая на основе прямых сигналов f из *ПД* и ответных сигналов φ из *ФБ* выдает сигналы на входы *ПД* для обеспечения последовательного или непоследовательного изменения его состояния;

дешифратор адресов команд *ДшА*, предназначенный для распределения команд в различные *ФБ;*

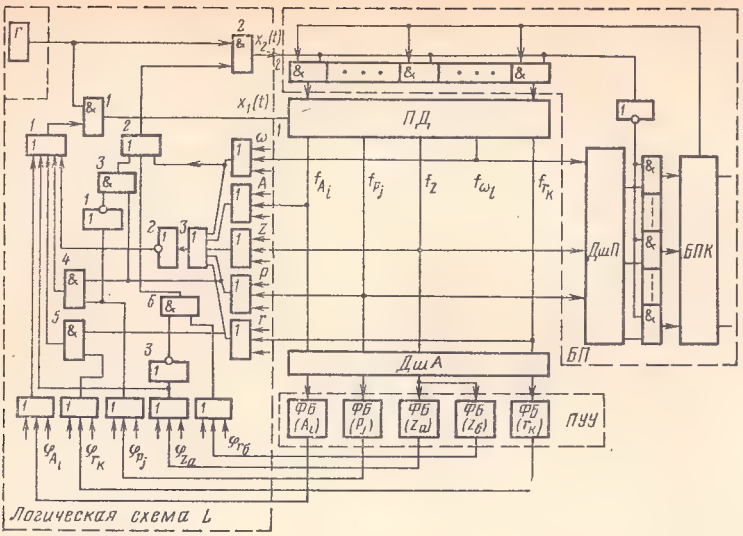


Рис 12.5. Структурная схема *ПУ*

блок адресов переходов *БП*, обеспечивающий непоследовательное изменение состояния программного датчика при выполнении команд с условными и безусловными переходами.

Блок адресов переходов *БП* состоит из дешифратора переходов *ДшП*, блока памяти команд *БПК*, к которым обеспечивается переход схем совпадения *И*, управляющих раздельными входами элементов памяти *БПК*, и схем И, управляющих раздельными входами элементов памяти программного датчика *ПД*.

Работа программного датчика *ПД* может быть задана тремя множествами:

входных сигналов $X=(x_1, x_2, ..., x_m)$;

выходных сигналов $F=(f_1, f_2, ..., f_k)$;

внутренних состояний $s=(s_0, s_1, ..., s_l)$.

Дискретный преобразователь информации, способный принимать различные состояния, переходить под воздействием входных сигналов из одного состояния в другое и выдавать выходные сигналы, называют *автоматом*. Если множество состояний автомата, а также множества входных и выходных сигналов конечны, то автомат называют *конечным*. Следовательно, программный датчик можно рассматривать как конечный автомат, а для его синтеза применять методы синтеза конечных автоматов [10].

Изменение внутреннего состояния автомата вызывается входными сигналами $x(t)$, возникающими вне автомата и поступающими в автомат по конечному числу входных цепей. Автоматы функционируют в дискретные моменты времени $t=1, 2, 3, ...$ В каждый момент дискретного времени t на вход автомата посту-

ает один сигнал $x(t)$, фиксируется определенное состояние автомата $s(t)$ и с выхода снимается один сигнал $f(t)$.

Работа автомата может быть описана двумя функциями:

$$s(\cdot) = \psi_1[s(t-1),\ x(t)]; \tag{12.1}$$

$$f(t) = \psi_2[s(t),\ x(t)], \tag{12.2}$$

где $s(t)$ и $s(t-1)$ — состояния автомата соответственно в моменты времени t и $(t-1)$; $x(t)$ и $f(t)$ — состояния соответственно входа и выхода в момент времени t.

Такой автомат называется *автоматом первого рода.* Функция (12.1) называется функцией *переходов,* а функция (12.2) — функцией *выходов.* Функция (12.1) описывает условие перехода автомата из одного состояния в другое. Как видно из выражения (12.1), переход автомата в состояние $s(t)$ зависит от его состояния в предыдущий момент времени $(t-1)$ и от входного сигнала $x(t)$, поступающего в момент времени t. Функция (12.2) описывает состояние выхода автомата в момент времени t. Из выражения (12.2) видно, что состояние выхода зависит как от состояния автомата $s(t)$ в момент t, так и от состояния его входа $x(t)$ в тот же момент времени t. Продолжительность выходного сигнала определяется как длительностью нахождения автомата в состоянии $s(t)$, так и длительностью входного сигнала $x(t)$.

Если в автомате выходной сигнал $f(t)$ зависит только от состояния автомата $s(t)$, то такой автомат называется *правильным автоматом второго рода* [10]. В этих автоматах выходной сигнал описывается функцией

$$f(t) = \psi_3[s(t)]. \tag{12.3}$$

Автоматы второго рода наиболее приемлемы для применения их в качестве блока программного датчика, так как выходной сигнал зависит только от состояния автомата, а входной сигнал необходим только для перевода автомата из одного состояния в другое и может иметь как импульсный, так и потенциальный характер. После перехода автомата из одного состояния в другое на выходе появляется соответствующий выходной сигнал, длительность которого определяется временем нахождения автомата в данном состоянии.

Функции переходов и выходов обычно задаются таблицей переходов и выходов или матрицей состояний [10, 22], вхождениями которой являются входные сигналы, обеспечивающие переход *ПУ* из одного состояния в другое. Функции переходов и выходов программного датчика, работающего в соответствии с ЛСА (12.4), приведены в табл. 12.1:

$$И = A_0 \overset{1}{\downarrow} A_1 p_1 \overset{1}{\uparrow} A_2 p_2 \overset{2}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} A_3 \overset{4}{\downarrow} A_4 p_5 \overset{3}{\uparrow} A_5 \overset{2}{\downarrow} p_4 \overset{4}{\uparrow} \omega \overset{1}{\uparrow}. \tag{12.4}$$

В рассматриваемой ЛСА переход к соседнему по строке члену ЛСА принят при $p_j = 1$.

Таблица 12.1

ТАБЛИЦА ПЕРЕХОДОВ И ВЫХОДОВ *ПУ*

Состояние элементов памяти *ПД*				Номера команд	Номера внутренних состояний *ПД*	Выходной сигнал из *ПУ*	Адреса переходов	
a_1	a_2	a_3	a_4				последовательного $p_j=1$	условного и безусловного при $p_j=0$, $\omega=0$
0	0	0	0	00	s_0	f_{A_0}	01	
1	0	0	0	01	s_1	f_{A_1}	02	
0	1	0	0	02	s_2	f_{p_1}	03	01
1	1	0	0	03	s_3	f_{A_2}	04	
0	0	1	0	04	s_4	f_{p_2}	05	09
1	0	1	0	05	s_5	f_{A_3}	06	
0	1	1	0	06	s_6	f_{A_4}	07	
1	1	1	0	07	s_7	f_{p_3}	08	05
0	0	0	1	08	s_8	f_{A_5}	09	
1	0	0	1	09	s_0	f_{p_4}	10	06
0	1	0	1	10	s_{10}	f_ω		01

Если каждый член ЛСА соответствует одной команде программы, то число внутренних состояний *ПД* будет соответствовать числу членов ЛСА. Для данного примера число внутренних состояний *ПД* равно 11. Условия переходов программного датчика из одного состояния в другое описываются также следующей матричной схемой алгоритма:

Состояния	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}
s_0		g									
s_1			g								
s_2		$g\overline{\varphi}_{p_1}$		$g\varphi_{p_1}$							
s_3					g						
s_4						$g\varphi_{p_2}$				$g\overline{\varphi}_{p_2}$	
s_5							g				
s_6								g			
s_7						$g\varphi_{p_3}$			$g\varphi_{p_3}$		
s_8										g	
s_9							$g\overline{\varphi}_{p_4}$				$g\varphi_{p_4}$
s_{10}		ω									

В приведенной МСА g — сигнал от генератора, а φ_{p_i} и φ_p — сигналы из *ФБ*.

Для синтеза *ПД* используется некоторая совокупность элементарных автоматов (элементов памяти). В качестве простейших автоматов могут быть использованы автоматы с любым числом внутренних состояний, однако наибольшее распространение получили элементарные автоматы с двумя внутренними состояниями.

При реализации заданного алгоритма работы управляющего устройства *ПУ* должно вырабатывать команды с последовательным, условным и безусловными переходами, поэтому *ПД* должен иметь возможность переходить как в смежное состояние, например из состояния s_i в состояние s_{i+1}, так и в несмежное, например из состояния s_i в состояние s_{i+k}, где $k \neq 1$. В качестве программного датчика может использоваться счетная схема на соответствующее число состояний. В смешанном режиме работы *ПУ*, который, как правило, применяется в реальных управляющих устройствах АТС, для последовательного изменения внутреннего состояния счетная схема получает сигналы управления $x(t)$ по счетному (общему) входу (см. рис. 12.5), а для установки в состояние, не смежное предыдущему, управление осуществляется по раздельным входам на каждый элемент памяти из *БП*.

Для последовательного изменения состояния *ПД* на его вход $x(t)$ должны поступать импульсные сигналы. При поступлении каждого последующего импульса состояние элементов памяти изменяется и выдается следующая по порядку команда. Для перевода *ПД* в состояние выдачи команды, не смежной с предыдущей, в *ПУ* устанавливается специальный блок адресов переходов *БП*, преобразующий сигнал команды с условным или безусловным переходом в сигналы, по которым *ПД* устанавливается в состояние выдачи требуемой команды.

Количество элементов памяти n для реализации *ПД* определяется в соответствии с общим числом команд (внутренних состояний) и принятым способом их кодирования. Одним из факторов, влияющим на выбор способа кодирования внутренних состояний, является объем необходимого оборудования для реализации *ПД*. При общем числе команд N и десятичном способе кодирования команд потребуется $(N+1)$ элементов памяти, где N элементов служат непосредственно для запоминания кода команд, а один элемент является дополнительным для обеспечения правильного функционирования *ПД*.

Выходной сигнал *ПД*, соответствующий i-й команде при десятичном способе кодирования, является функцией сигнала, выдаваемого i-м элементом памяти:

$$f_i = \varphi(s_i) = b_i, \qquad (12.5)$$

где b_i — выходной сигнал i-го элемента памяти *ПД*.

При двоичном кодировании внутренних состояний *ПД* число элементов памяти n определяется из соотношения $s = 2^n$. Кроме n элементов памяти, при двоичном кодировании команд требуется

дешифратор команд на n парных входов и N выходов (рис. 12.6). Сигналы на выходах дешифратора команд *ДшК* описываются булевыми функциями, аргументами которых являются выходные сигналы b_i и $\bar{b}_i$ соответствующих элементов памяти:

$$\left.\begin{aligned} f_1 &= b_1\bar{b}_2\bar{b}_3 \cdot \cdot \cdot \bar{b}_n; \\ f_2 &= \bar{b}_1 b_2\bar{b}_3 \cdot \cdot \cdot \bar{b}_n; \\ f_3 &= \bar{b}_1\bar{b}_2 b_3 \cdot \cdot \cdot \bar{b}_n \text{ и т. д.} \end{aligned}\right\} \qquad (12.6)$$

В соответствии с функциями, реализуемыми дешифратором *ДшК*, его схема представляет собой совокупность N схем типа И на n входов каждая.

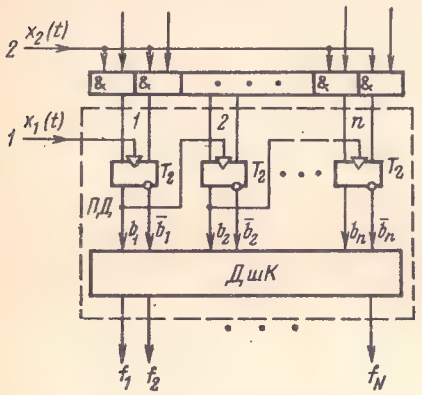


Рис. 12.6. Структурная схема *ПД*

Блок адресов переходов *БП* преобразует код команды, существующей на выходе *ПД*, в код команды, к которой требуется осуществить условный или безусловный переход. Число входов этого блока зависит от общего числа команд с условным и безусловным переходами и принятого способа кодирования команд, а число выходов равно удвоенному числу элементов памяти *ПД*, поскольку переключение каждого элемента памяти осуществляется по двум раздельным входам.

Если в *ПД* команды записываются в двоичном коде, а затем при помощи дешифратора команд *ДшК* преобразуются в десятичный код, то в блоке переходов *БП* десятичный код одной команды должен преобразоваться в двоичный код той команды, к которой осуществляется условный или безусловный переход. Это преобразование выполняет дешифратор *ДшП*. Сигналы на выходах *ДшП* описываются булевыми функциями, каждая из которых представляет собой дизъюнкцию соответствующих выходных сигналов f_i дешифратора команд *ДшК*. Следовательно, дешифратор *ДшП* представляет собой совокупность схем типа ИЛИ, число которых определяется суммарным числом раздельных входов элементов памяти блока *БПК*, т. е. $Q_{\text{ИЛИ}} = 2^n$, где n — число элементов памяти [20].

Число входов каждой схемы ИЛИ зависит от общего числа команд с условным и безусловным переходами и от принятого способа кодирования команд. Если с выходов *ПД* команды выдаются в десятичном коде, то число входов каждой схемы ИЛИ определяется числом команд, при которых по раздельному входу *БПК*, управляемому с выхода данной схемы ИЛИ, должна поступать 1.

Схема дешифратора переходов *ДшП* для ЛСА (12.4) содержит восемь схем ИЛИ, так как число элементов памяти *БПК* для рассматриваемого случая равно четырем. Обозначим сигналы переключения элементов памяти *ПД* в состоянии *1* через C_i, а сигналы переключения в состоянии *0* — через $\overline{C}_i$. Тогда сигналы на выходах схем ИЛИ *ДшП* в соответствии с ЛСА (12.4) и табл. 12.1 описываются следующими функциями:

$$\left.\begin{aligned}
&\overline{C}_1 = f_{p_4};\ C_1 = f_{p_1} + f_{p_2} + f_{p_3} + f_{\omega};\\
&\overline{C}_2 = f_{p_1} + f_{p_2} + f_{p_3} + f_{\omega};\ \overline{C}_2 = f_{p4};\\
&\overline{C}_3 = f_{p_1} + f_{p_2} + f_{\omega};\ C_3 = f_{p_3} + f_{p_4};\\
&\overline{C}_4 = f_{p_1} + f_{p_3} + f_{p_4} + f_{\omega};\ C_4 = f_{p_2}.
\end{aligned}\right\} \qquad (12.7)$$

Для составления функций (12.7) удобно пользоваться таблицей работы блока адресов переходов (табл. 12.2), которая составляется на основе таблицы переходов и выходов программного устройства (табл. 12.1). Как видно из табл. 12.2, в состояние *0* триггер T_1 должен устанавливаться при выдаче команды *09* (f_{p_4}). При выдаче команд *02* (f_{p_1}), *04* (f_{p_2}), *07* (f_{p_3}), *10* (f_{p_ω}) триггер T_1 должен переключаться в состояние *1*.

Таблица 12.2

ТАБЛИЦА РАБОТЫ БЛОКА АДРЕСОВ ПЕРЕХОДОВ *БП*

Триггеры *ПД*	Сигналы C_i и $\overline{C}_i$	Сигналы команд с условными и безусловными переходами				
		f_{p_1} (02)	f_{p_2} (04)	f_{p_3} (07)	f_{p_4} (09)	f_{ω} (10)
T_1	C_1	1	1	1	0	1
	$\overline{C}_1$	0	0	0	1	0
T_2	C_2	0	0	0	1	0
	$\overline{C}_2$	1	1	1	0	1
T_3	C_3	0	0	1	1	0
	$\overline{C}_3$	1	1	0	0	1
T_4	C_4	0	1	0	0	0
	$\overline{C}_4$	1	0	1	1	1

Для запоминания кода команды, к которой должен быть осуществлен переход после выполнения предыдущей команды, в блоке переходов имеется блок памяти команд *БПК*. Каждому выходному сигналу дешифратора *ДшП* поставлен в соответствие выходной сигнал *БПК* в коде, определяемом принятой системой кодирования. Для реализации ЛСА (12.4) в блоке памяти команд сле-

дует хранить коды четырех команд *01, 05, 06, 09*. В отличие от *ПД*, элементы памяти в *БПК* имеют только раздельные входы.

При переписи в *ПД* информации о коде команды, записанной в *БПК*, состояния элементов памяти *ПД* изменяются неодновременно из-за некоторого разброса их параметров. В результате этого изменяются состояния входов дешифратора переходов *ДшП* и код команды в *БПК*, что, в свою очередь, приводит к переключению состояния элементов памяти *ПД*, а последний устанавливается в какое-то случайное состояние, не соответствующее коду требуемой команды. Для предотвращения влияния изменения состояния выходов *ПД* на состояние элементов памяти *БПК* в процессе переписи информации из *БПК* в *ПД* между дешифратором *ДшП* и блоком *БПК* устанавливаются схемы типа И. Эти схемы закрывают входы блока *БПК* на время переписи информации с выходов блока переходов *БП* в программный датчик при $x_2(t)=1$. Благодаря этому исключается возможность искажения кода команды при условных и безусловных переходах.

Информация с выходов *БП* должна переписываться в *ПД* только после получения ответа о результатах проверки логического условия p_i при выполнении команд с условными переходами или при поступлении следующего тактового импульса при выполнении команд с безусловными переходами Для этого между раздельными входами *ПД* и выходами *БП* устанавливаются схемы типа И на два входа каждая. На один из входов поступает информация с выходов блока *БП*, а на другой — сигнал $x_2(t)$, разрешающий выдачу в *ПД* информации о коде следующей команды.

В соответствии с условиями работы *ПД* сигналы на входах $x_1(t)$ и $x_2(t)$ могут быть описаны логическими функциями, аргументами которых являются выходные сигналы *ПД* f_i, сигналы обратной связи φ_i от *ФБ* и сигнал g от генератора. Эти функции реализуются логической схемой *L*. На вход *1 ПУ* (рис. 12.5) должны поступать импульсы, обеспечивающие последовательное изменение состояния *ПД*, а на вход *2* схем И — сигнал, разрешающий передачу информации о коде следующей команды с выходов блока адресов переходов на раздельные входы *ПД* для перевода последнего в состояние выдачи требуемой команды с условным или безусловным переходом. Поскольку переход *ПД* в смежное или несмежное состояние зависит от выходных сигналов *ПУ* f_i и сигналов обратной связи из *ФБ* φ_i, то функции воздействия на входы *1* и *2* будут зависеть от принятых условий перехода.

Рассмотрим функции воздействия $x_1(t)$ и $x_2(t)$ при условии, что переход в смежное внутреннее состояние происходит при $p_j=1$. Функция, описывающая сигнал $x_1(t)$ и обеспечивающая последовательное изменение внутреннего состояния *ПД*, имеет следующий вид:

$$x_1(t) = g\left[\sum_{j=1}^{j=\eta} f_{p_j} \sum_{j=1}^{j=\eta} \varphi_{p_j} + \sum_{m=1}^{\nu} \varphi_{z_a} + \sum_{i=1}^{n} \varphi_{A_i} + \right.$$

$$+\sum_{i=1}^{\varepsilon} f_{r_k} \sum_{k=1}^{\varepsilon} \varphi_{r_k} + \overline{\left(\sum_{l=1}^{q} f_{\omega_l} + \sum_{j=1}^{\eta} f_{p_j} + \sum_{m=1}^{\nu} f_{z_a} + \right.}$$

$$\left. \overline{+\sum_{i=1}^{n} f_{A_l} + \sum_{k=1}^{\varepsilon} f_{r_k}} \right)\Bigg], \qquad (12.8)$$

где g — сигнал от генератора ($g=1$ — импульс, $g=0$ — пауза); η, ν, n, q, ε — количество членов ЛСА соответствующего типа. Значение n соответствует количеству операторов, сопоставленных *ФБ*, которые для своих функций требуют время, превышающее длительность одного такта генератора. Эти *ФБ* после окончания своей работы посылают в программное устройство сигнал окончания своей работы φ_{A_i}.

Функция, описывающая сигнал $x_2(t)$ и обеспечивающая непоследовательное изменение внутреннего состояния *ПД*, имеет следующий вид:

$$x_2(t) = g\left(\sum_{j=1}^{\eta} f_{p_j} \overline{\sum_{j=1}^{\eta} \varphi_{p_j} + \sum_{m=1}^{\nu} \varphi_{z_a}} + \sum_{m=1}^{\nu} \varphi_{r_б} + \sum_{l=1}^{q} f_{\omega_l} \right). \qquad (12.9)$$

Логическая схема L, реализующая указанные функции, приведена на рис. 12.5. В этом случае, если управляющее устройство содержит не все типы блоков, сигналы, сопоставленные этим блокам, в функциях $x_1(t)$ и $x_2(t)$ отсутствуют.

При синтезе электронных *ПУ* используются функционально полный набор логических функций и элементарный автомат с двумя устойчивыми состояниями в качестве элемента памяти. Логические функции, описывающие работу *ПУ*, могут подвергаться преобразованиям в соответствии с известными методами [10, 22] с целью определения формы функций, позволяющих иметь минимальное число элементов для их реализации.

Изменение программы работы

Очередность работы блоков управляющего устройства при способе управления с замонтированной программой изменяется при помощи переключающего устройства (рис. 12.7). Это устройство содержит четыре панели, каждая из которых соответственно связана с выходами *ПД (П1)*, с входами блока адресов переходов *БП (П2)*, с входами логической схемы *L (П3)* и с входами дешифратора адресов команд *ДшА (П4)*. Требуемая очередность работы функциональных блоков обеспечивается путем выдачи команд в определенном порядке, который задается соответствующими кроссировками между указанными панелями.

На выходах *ПД* могут появляться команды четырех типов, сопоставленные членам ЛСА вида A_i, p_j, r_k, ω_l. Входы блока адресов переходов *БП* соединены с выходами *ПД*, соответствующими командам условного и безусловного переходов. Если предуематри-

вается возможность изменения программы работы *УУ* при установлении соединения, то *БП* должен быть рассчитан на ту же емкость, что и *ПД*, т. е. иметь число входов, равное числу команд *ПД*. При этом соединять выходы *ПД* с входами *БП* следует в соответствии с тем, к какой команде предусматривается переход. Если предполагается изменение структуры автоматической системы, т. е. добавление *ФБ* или изменение очередности работы уже имеющихся блоков, то в *ПУ* должна предусматриваться возмож-

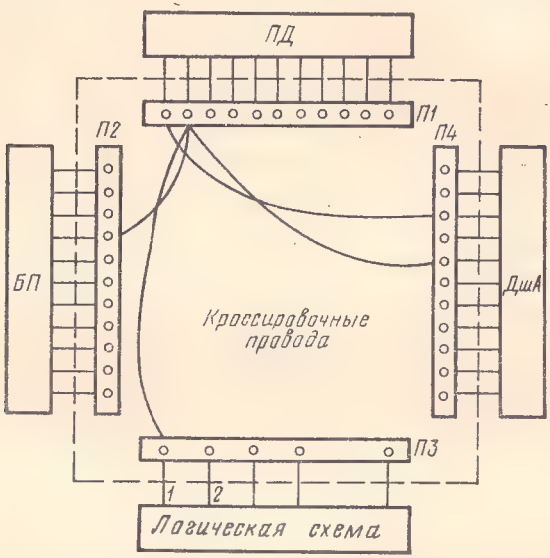


Рис. 12.7. Переключающее устройство для *ПУ*

ность изменения числа команд, а также очередности их выдачи. Для этого *ПД*, *БП* и *ДшА* должны содержать некоторое резервное (избыточное) оборудование, позволяющее в случае необходимости увеличивать число команд и количество *ФБ*, управляемых *ПУ*.

Переключения между панелями производятся как вручную с помощью кроссировочных шнуров, так и автоматически посредством специального переключающего устройства, осуществляющего все возможные переключения между выходами *ПД* и входами *БП*, *ДшА* и схемы *L* программного устройства.

12.4. ЦЕНТРАЛЬНОЕ УПРАВЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО С ЗАПИСАННОЙ ПРОГРАММОЙ

Если коммутационная система узла (или станции) построена таким образом, что отсутствуют служебные провода и контакты, предназначенные для отметки состояния объектов *КС*, то в этом

случае *УУ* должно иметь оперативное запоминающее устройство *ОЗУ* для хранения информации о состоянии объектов *КС* и комплектов, включенных в нее, а также для хранения информации об установленных соединениях.

Алгоритм работы управляющего устройства АТС при отображении состояния коммутационной системы в запоминающем устройстве представляет собой последовательное выполнение арифметических и логических операций. Этот процесс подобен процессам, выполняемым электронными вычислительными машинами (ЭВМ). Поэтому появилась идея использования ЭВМ для управления процессами установления соединений на АТС. Однако универсальные ЭВМ, в силу специфических условий работы АТС, нецелесообразно использовать в качестве управляющих устройств. Поэтому для коммутационных узлов и станций разрабатываются специальные электронные управляющие машины ЭУМ, в которых имеется возможность использования элементной базы, схемных и технических решений вычислительной техники, а также применения отдельных блоков ЭВМ.

Коммутационная система АТС имеет большое количество источников информации, которыми являются абонентские и соединительные линии, а ЭУМ имеют ограниченное количество входов, по которым они могут принимать информацию, и ограниченное количество выходов, по которым выдается информация о результатах выполнения той или иной задачи, поэтому управляющее устройство коммутационной системы не может состоять только из одной управляющей машины. Кроме того, скорости поступления сигналов от источников информации и скорости переключения коммутационных элементов значительно отличаются от скорости обработки информации в ЭУМ. Для согласования скорости работы элементов коммутационной системы и оконечных устройств со скоростью работы блоков ЭУМ, а также для включения коммутационных элементов управляющее устройство АТС должно содержать также периферийные управляющие устройства ППУ. Структурная схема коммутационного узла с использованием ЭУМ в качестве центрального управляющего устройства приведена на рис. 12.8.

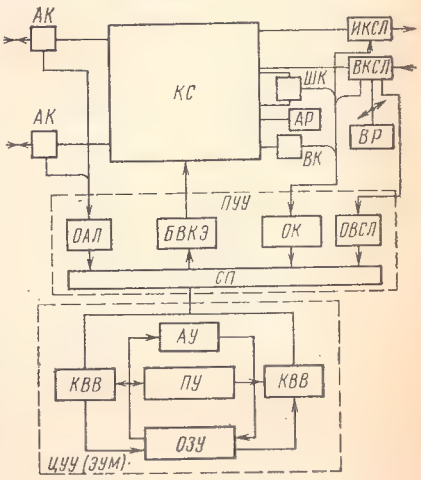


Рис. 12.8. Структурная схема *УУ* с применением ЭУМ

К периферийным управляющим устройствам относятся: определитель абонентских линий *ОАЛ*, определитель комплектов *ОК*, определитель входящих соединительных линий *ОВСЛ*, блок вклю-

чения коммутационных элементов *БВКЭ* и схема подключения *СП*. Центральное управляющее устройство, представляющее собой ЭУМ, состоит из следующих блоков: арифметического устройства *АУ*, программного устройства *ПУ*, каналов (устройств) ввода-вывода информации *КВВ* и оперативного запоминающего устройства *ОЗУ*.

Электронная управляющая машина координирует работу всех периферийных блоков в процессе установления соединения и отбоя. Основными техническими характеристиками ЭУМ являются: система команд, быстродействие, разрядность и емкость запоминающих устройств. К техническим характеристикам ЭУМ относятся также: адресность (число адресов в команде), основные временные параметры (цикл работы оперативного запоминающего устройства, время выполнения операций), скорость работы устройств ввода и вывода информации. Структура ЭУМ и ее функционирование более подробно изучаются в курсе «Электронные управляющие машины».

12.5. МНОГОПРОГРАММНЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВЛЕНИЕМ СОЕДИНЕНИЙ

При большой емкости коммутационной системы, значительных нагрузках, поступающих на ее вход, и последовательном (однопрограммном) выполнении операций по установлению соединения требуются большая скорость установления соединения, а следовательно, высокое быстродействие программного управляющего устройства и достаточно высокое быстродействие элементов коммутационной системы. Быстродействие *УУ* ограничено, так как при управлении медленнодействующими функциональными блоками, до выполнения ими своих функций, программное устройство не может приступить к управлению следующим *ФБ*.

Устранить этот недостаток позволяет многопрограммное управление, при котором одновременно (параллельно) устанавливается несколько соединений [26, 20]. Различные соединения могут устанавливаться как по одной, так и по разным программам в зависимости от категории обслуживаемых вызовов. Длительность отдельных этапов установления соединений неодинакова. Например, этап приема регистром информации о номере вызываемого абонента значительно длиннее этапов установления соединения на отдельных ступенях искания. Поэтому в течение длительных этапов, реализуемых отдельными *ФБ*, программное устройство может управлять *ФБ*, обеспечивающими выполнение отдельных этапов других соединений, а по истечении некоторого времени или по определенной команде из *ПУ* вернуться снова к управлению следующим этапом первого соединения.

Такой способ установления соединения позволяет значительно повысить использование управляющих устройств, а следовательно, и уменьшить время ожидания начала обслуживания поступающих вызовов. При этом вся последовательность из N операций по уста-

новлению каждого соединения разбивается на l этапов (частей), каждый из которых содержит определенное число операций n. Установление соединения происходит по этапам, причем для выполнения соответствующего этапа *ПУ* подключается к *ФБ*, устанавливающему данный этап соединения. В промежутках между указанными подключениями *ПУ* управляет установлением других соединений также путем поэтапного подключения к *ФБ*. Сигналом для перехода от управления одним соединением к управлению другим соединением служит или сигнал о выполнении определенного числа операций, или сигнал об окончании определенного отрезка времени, отводимого на эти операции.

Последовательности операций каждого соединения можно выполнять неравными частями. В этом случае сигналом перехода к управлению другим соединением должен служить сигнал (признак), появляющийся в процессе выполнения данной последовательности, например требование на установление приоритетного соединения.

На рис. 12.9 приведена диаграмма работы *ПУ* для последовательного (однопрограммного) и параллельного (многопрограммного) способов выполнения операций при одновременном обслужи-

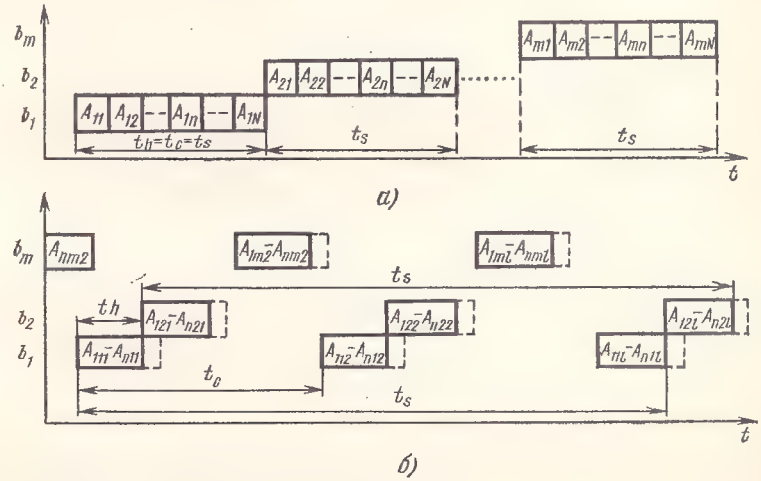


Рис. 12.9. Способы управления:
а) однопрограммный; *б)* многопрограммный

вании нескольких соединений. При установлении каждого из m соединений (b_1, b_2, ..., b_j, ..., b_m) выполняется N операций (A_1, A_2,..., A_N) с временем обслуживания каждого соединения t_s. При последовательном обслуживании время установления m соединений равно mt_s.

При многопрограммном способе обслуживания m соединений каждая последовательность операций N разбивается на l этапов.

Каждый k-й этап соединения содержит n_k операций. Обозначим время, которое затрачивает *ПУ* на управление k-м этапом соединения при многопрограммном способе, через t_{hk}, время между началом выполнения двух соседних k и $(k+1)$ этапов одного соединения — через t_{ck}. Используя эти параметры, можно определить время установления соединений, общее число одновременно устанавливаемых соединений и, следовательно, степень использования программного устройства. Если для всех соединений принять $t_{hk}=t_h=\text{const}$, $t_{ck}=t_c=\text{const}$, $l_j=l=\text{const}$, то число параллельно устанавливаемых соединений будет равно

$$m = t_c/t_h, \tag{12.10}$$

а время установления каждого соединения

$$t_s = t_c l = t_{nml}. \tag{12.11}$$

При однопрограммном способе управления соединением $t_s=t_h=t_c$, так как $l=1$ и $m=1$. Из (12.10) следует, что для увеличения пропускной способности *ПУ* надо стремиться к уменьшению t_h и увеличению t_c. Время t_c в устройствах управления определяется максимально возможным временем задержки установления данного соединения, которое не вызывает снижения качественных показателей обслуживания или искажения принимаемой и передаваемой информации. Время t_c зависит от вида источника информации и этапа установления соединения. Поэтому его увеличение ограничивается внешними условиями работы устройства и зависит от вида источника информации и этапа установления соединения. Время t_h в основном зависит от принятого способа управления соединения и быстродействия элементов, используемых в управляющем устройстве.

При многопрограммном управлении для получения более высокого использования *ПУ* по сравнению с однопрограммным способом управления необходимо разбивать последовательность операций таким образом, чтобы операции управления медленнодействующими *ФБ*, с которыми возможна параллельная работа других *ФБ*, располагались в конце этапов соответствующего соединения.

ГЛАВА 13

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

13.1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В процессе установления соединения между входом и выходом коммутационной системы управляющее устройство выполняет целый ряд операций, приводящих к образованию тракта передачи информации или к посылке соответствующего сигнала в случае

невозможности установления соединения. Анализ процессов обслуживания соединений с помощью логических схем алгоритмов позволяет определить количество и назначение функциональных блоков *ФБ* управляющего устройства и очередность их работы.

Основными блоками управляющего устройства при программном способе управления следует считать программное устройство, определители, обеспечивающие выбор объектов коммутационной схемы для образования тракта передачи информации, и блоки включения коммутационных элементов в точках коммутации. Количество и структура функциональных блоков определяются структурой *КС* и алгоритмом работы *УУ* при обслуживании вызовов. Кроме основных блоков, *УУ* может содержать вспомогательные *ФБ*, собирающие информацию о состоянии некоторой совокупности однородных объектов, например информацию о наличии вызовов в определенной группе, о наличии свободных выходов в тех или иных направлениях, о наличии регистров с законченным приемом управляющей информации и т. п. Необходимость введения этих *ФБ* зависит от режимов работы ступеней искания, соотношений между структурными параметрами коммутационной системы, а также требуемого времени установления соединения. В некоторых случаях во время обслуживания соединений одни и те же *ФБ* управляющего устройства можно использовать многократно для управления различными объектами *КС*. Такие *ФБ* по мере необходимости должны подключаться к различным объектам. Для этой цели используются подключающие устройства.

Определители, обеспечивающие выбор объектов *КС* в процессе установления соединения, составляют обязательный набор функциональных блоков, который должен содержать управляющее устройство.

Синтез *ФБ*, с точки зрения получения наиболее рациональной структуры, необходим для получения оптимальной структуры всего *УУ*. Стандартизация оборудования *ФБ* управляющих устройств позволит ускорить процесс проектирования коммутационных узлов.

Функциональные блоки управляющих устройств, а также регистры, шнуровые и вспомогательные комплекты, комплекты абонентских и соединительных линий могут содержать электронные узлы, выполняющие отдельные операции в процессе их работы. Такими узлами являются узлы, выполняющие логические, счетные, запоминающие функции, функции усиления, корректирования и формирования сигналов требуемой формы, функции кодирования и декодирования и др.

Из определенной совокупности этих узлов синтезируются функциональные блоки и комплекты. Поэтому изучение и синтез этих узлов представляют собой самостоятельную задачу и изучаются в курсе «Основы дискретной автоматики».

13.2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛИ

Общие сведения

Одной из основных функций управляющих устройств коммутационных систем являются выбор и включение коммутационных элементов, обеспечивающих установление соединения между входящими и исходящими каналами связи. Способ выбора требуемых коммутационных элементов (точек коммутации) зависит от режима работы всей *КС* или ее отдельных ступеней искания, параметров схемы группообразования и от состояния *КС* в момент поступления требования на установление соединения. Количество *ФБ*, обеспечивающих выбор точек коммутации, в первую очередь будет определяться структурой *КС*, а объем этих блоков—ее параметрами. Как правило, в *КС* между каждым входом и каждым выходом имеется несколько соединительных путей. Число соединительных путей, через которые может быть установлено соединение, в общем случае неодинаково и зависит от структуры, параметров и состояния *КС* в момент поступления требования на соединение. Поэтому *УУ* должно выбрать один из возможных соединительных путей и после этого включить элементы, обеспечивающие образование тракта передачи через соответствующие звенья коммутации.

Выбор соединительного пути сводится к выбору точек коммутации, через которые должен быть установлен разговорный тракт между требуемыми входом и выходом *КС*. Для заданной *КС* в соответствии с режимом ее работы определяется функция образования (составления) тракта передачи между входом и выходом как конъюнкция функций выбора элементов в точках коммутации на соответствующих звеньях:

$$f_{AE} = f_A f_B \cdot \cdot \cdot f_E, \qquad (13.1)$$

где f_A, f_B, f_E — функции выбора (или включения) коммутационных элементов в соответствующих звеньях *КС*.

Точки коммутации выбираются раздельно для каждого звена *КС*, а элементы в точках коммутации включаются одновременно, после того как будут выбраны точки коммутации для всего соединительного пути. В отдельных случаях, где это целесообразно, элементы могут включаться последовательно. Способ включения элементов в точках коммутации выбирается при конкретном проектировании коммутационного узла с учетом технико-экономических показателей того или иного способа включения.

Выбор требуемых объектов *КС* и проверка их состояния в процессе установления соединения осуществляются *определителями*. В соответствии с выбираемыми объектами различают определители: входящих каналов (линий), промежуточных линий, точек коммутации, исходящих каналов, регистров и т. п.

Каждый объект *КС* характеризуется одной или несколькими координатами, причем в зависимости от типа *КС* координаты мо-

гут быть постоянными или приписываться временно только для данного соединения. Объекты, характеризующиеся несколькими координатами, выбираются либо по каждой координате отдельно, либо по нескольким координатам одновременно. В процессе установления соединения определитель должен реализовать функцию выбора объекта с определенным признаком и хранить информацию о его координате (или координатах) в течение некоторого времени, которое определяется длительностью установления соединения через данную ступень искания или через всю *КС* узла. Если объектом выбора является коммутационный элемент, то функция выбора может одновременно являться функцией включения этого элемента.

Определители, выбирающие объекты по одной координате, называются однокоординатными, а по нескольким координатам — многокоординатными (двух-, трехкоординатными и т. д.).

Функция выбора одного из N объектов в однокоординатном определителе представляет собой конъюнкцию от двух переменных: сигнала x_i, характеризующего состояние объекта X_i, и координатного сигнала (сигнала выбора) a^i_X данного объекта в соответствии со значением его координаты:

$$f^i_x = x_i a^i_x, \qquad (13.2)$$

где нижний индекс члена a^i_x означает тип объекта (X, Y, W), а верхний — его координату (i, j, k).

Каждый объект может находиться в одном из двух состояний с точки зрения возможности использования его для установления соединения. Информация о состоянии объекта должна поступать в определитель по входу, связанному с оконечным устройством этого объекта (абонентским комплектом, шнуровым комплектом, комплектом соединительных линий и т. д.). Условимся приписывать сигналу x_i значение 1, если объект может использоваться для соединения, и 0 во всех остальных случаях (занят, блокирован и т. д.). Будем также считать, что координатный сигнал a^i_x принимает значение 1, если данный объект выбран со стороны определителя, и значение 0, если не выбран.

Определитель реализует некоторую совокупность функций выбора. Число функций зависит от количества объектов N, обслуживаемых определителем: $F_x\{f^1_x, f^2_x, \ldots, f^N_x\}$. Поскольку в процессе установления соединения определитель должен выбирать только один объект X_i из всей совокупности объектов N, то в отдельные моменты времени только одна функция выбора может принимать значение 1.

Определители могут работать в режиме свободного или вынужденного искания. При свободном искании определитель должен выбрать объект с требуемым признаком среди некоторой совокупности однородных объектов. На вход определителя поступают сигналы или непосредственно из программного устройства, или от генератора тактовых импульсов через схему И. Объекты могут выбираться в порядке определенной очередности, в порядке чистой

случайности, а также в порядке поступления требований на установление соединений. При вынужденном искании определитель должен выбрать требуемый объект или группу объектов (например, направление) по информации, полученной из регистра или кодового приемника. В отдельных случаях одни и те же определители могут работать в режиме как свободного, так и вынужденного искания.

Функция выбора объектов зависит от количества координат, по которым определяется данный объект, от информации, характеризующей состояние объекта, и от структуры самого определителя. Различают динамические, статические и импульсно-временны́е определители.

Динамические определители

В динамических определителях объект с требуемым признаком выбирается в процессе поочередного опроса состояния всех объектов. Если в некоторой совокупности имеется несколько объектов с соответствующим признаком, то выбор происходит в порядке принятой очередности опроса. Время отыскания объекта зависит от емкости определителя, т. е. количества объектов, которые он обслуживает, скорости его работы, а также состояния определителя в момент поступления требования на отыскание объекта.

Рассмотрим принцип построения динамических электронных определителей, которые выбирают объект по одной координате. Такой определитель можно представить как конечный автомат [10], работа которого может быть описана четырьмя множествами:

множеством входных сигналов, несущих информацию о состоянии объектов:

$$X\{x_1,\ x_2,\ \cdots,x_l,\ \cdots,x_N\}; \tag{13.3}$$

множеством входных сигналов, изменяющих состояния определителя:

$$V(v_1,\ v_2,\ \cdots,\ v_r,\ \cdots,v_m); \tag{13.4}$$

множеством выходных сигналов, соответствующих функциям выбора объектов:

$$F(f_x^1,\ f_x^2,\ \cdots,f_x^i,\ \cdots,f_x^N); \tag{13.5}$$

множеством внутренних состояний определителя:

$$S(s_1,\ s_2,\ \cdots,s_i,\ \cdots,s_N). \tag{13.6}$$

Функционирование определителя в дискретные моменты времени описывается системой двух уравнений:

$$f_x^i = \psi_1[s(t),\ x_i]; \tag{13.7}$$

$$s(t) = \psi_2[s(t-1),\ v(t)], \tag{13.8}$$

где $s(t)$ и $s(t-1)$ — состояния определителя соответственно в моменты времени t и $(t-1)$; $v(t)$ — сигнал (или сигналы) на входе определителя, обеспечивающий изменение его внутреннего состояния; x_i — сигнал, описывающий состояние объекта.

Уравнение (13.7) представляет собой функцию, описывающую выходной сигнал определителя, т. е. функцию выбора объекта, а ур-ние (13.8) — функцию перехода определителя из одного состояния в другое. Каждому состоянию определителя приписывается соответствующий координатный сигнал выбора объекта: $s_1 - a_x^1$, $s_2 - a_x^2$, ..., $s_i - a_x^i$, ..., $s_N - a_x^N$, следовательно, координатный сигнал описывается функцией внутреннего состояния определителя:

$$a_x^i = \psi[s(t)]. \tag{13.9}$$

Определитель соответствующих объектов можно представить как устройство, состоящее из двух частей: счетной схемы A_x, определяющей координаты объектов X_i, и дешифратора $Дш_x$, реализующего функцию выбора объекта f_x (рис. 13.1). Функционирова-

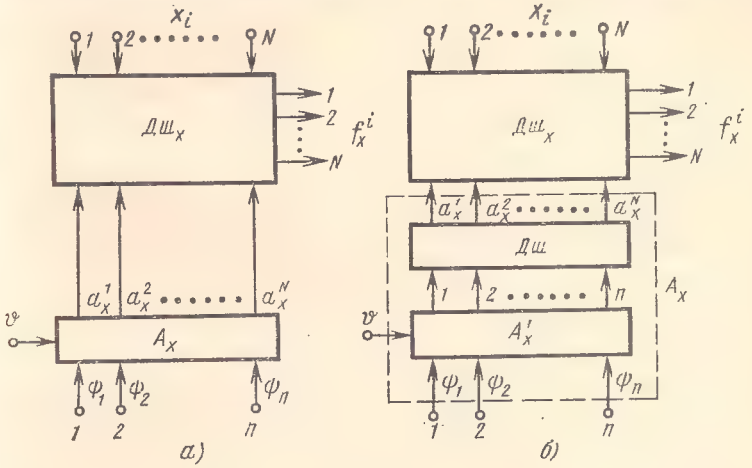


Рис. 13.1. Структурная схема определителя со счетной схемой: *а*) десятичной; *б*) двоичной

ние схемы A_x описывается ур-ниями (13.8) и (13.9), а дешифратора $Дш_x$ — ур-нием (13.7). Каждому состоянию счетной схемы A_x динамического определителя соответствует координатный сигнал выбора $a^i{}_x$ одного из N объектов. Таким образом, число состояний счетной схемы определяется емкостью определителя (числом выходов N).

Дешифратор представляет собой совокупность схем типа И, реализующих функции выбора соответствующих объектов. Число схем определяется количеством обслуживаемых объектов N. Для однокоординатного определителя каждая схема типа И имеет два входа, на один из которых поступает сигнал x_i, описывающий со-

стояние объекта X_i, а на второй — координатный сигнал a^i_x. Информация о состоянии объектов должна поступать в определитель или из оконечных устройств, или из оперативных запоминающих устройств *ОЗУ*, хранящих эту информацию.

При построении счетной схемы на N выходов в десятичной системе счисления (рис. 13.1*а*) число элементов памяти n должно быть равно $N+1$. Из них N элементов памяти используются для запоминания значения координаты и выдачи соответствующих сигналов a^i_x, а один элемент применяется для подготовки схемы к приему информации.

При двоичной системе счисления число элементов памяти уменьшается и составляет $n=\log_2 N^*$, где $N^* \geqslant N$ (N^* — ближайшее к N целое число, при котором $n=\log N^*$ также будет целым числом). Однако в этом случае появляется необходимость в установке дешифратора *Дш*, через который выдаются координатные сигналы a^i_x (рис. 13.1*б*). Дешифратор служит для перехода от двоичной системы счисления, в которой записывается значение координаты объектов, в десятичную систему, в которой ведется счет выбираемых объектов.

Для уменьшения общего объема оборудования определителей с двоичными избирательными схемами вместо прямоугольных дешифраторов можно использовать пирамидальные или многоступенчатые дешифраторы [20].

Рассмотренные динамические определители обеспечивают поочередное обслуживание объектов — в порядке включения их в дешифратор, управляемый с выходов счетной схемы, — и могут быть построены на любую емкость. Практически емкость определителя ограничена требуемой скоростью отыскания объектов, скоростью переключения элементов, на которых выполнена схема определителя, а также электрическими параметрами диодов дешифратора ($R_{пр}$ и $R_{об}$).

Динамические определители могут отыскивать объекты как с исходного (начального) положения, так и с того положения, в котором они остаются после обслуживания предыдущего объекта. Эти определители хранят информацию о координатах выбранного объекта после прекращения сигнала из оконечного устройства (сигналы x_i). Время хранения информации определяется условиями работы управляющего устройства и ограничивается временем поступления на вход определителя сигнала, переводящего его в следующее состояние. Следовательно, такой определитель представляет собой оперативное запоминающее устройство (*ОЗУ*), которое сохраняет информацию о координатах выбранного объекта на время установления соединения через данную ступень искания или всю *КС* узла. Это свойство динамического определителя позволяет сравнительно просто решать задачу повторных соединений, контроля за правильностью доставки информации и др.

Наличие блока памяти в динамическом определителе дает возможность использовать его в режиме как свободного, так и вы-

нужденного искания. В последнем случае, кроме общего (счетного) входа, каждый элемент памяти должен иметь отдельный вход, на который поступает информация со стороны регистра или кодового приемника. Благодаря этому определитель можно принудительно устанавливать в состояние выдачи требуемого координатного сигнала a^i_x.

Рассмотренный ранее определитель, производящий выбор одного объекта из N только по одной координате i, может быть построен и как двухкоординатный. В таком определителе все N объектов разбиваются на k групп по n объектов в каждой группе ($N=kn$). Для выбора объекта в определителе необходимо знать две координаты: координату r группы S_r, к которой принадлежит объект, и координату i объекта X внутри группы, где $r=1, 2, ..., k$, а $i=1, 2, ..., n$.

Функция выбора объекта в таком определителе представляет собой конъюнкцию от трех переменных: сигнала x_{ri}, описывающего состояние объекта X_{ri} и координатных сигналов выбора $a^r_s a^i_x$:

$$f^{ri}_{sx} = x_{ri} a^r_s a^i_x. \qquad (13.10)$$

Объект может быть выбран только в том случае, если функция выбора принимает значение 1.

Для построения такого определителя требуются две счетные схемы A_s и A_x соответственно на k и n состояний и дешифратор $Дш_{sx}$, содержащий N схем типа И, каждая из которых имеет три входа: x_{ri}, a^r_s, a^i_x (рис. 13.2$а$).

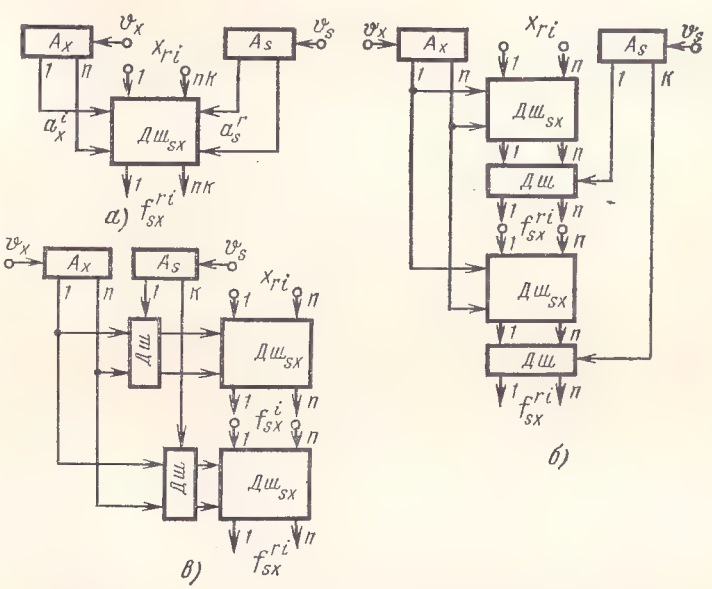


Рис. 13.2. Структурные схемы двухкоординатного определителя для различных форм функций выбора

При разделении N объектов на группы требуется установить наиболее целесообразное количество групп k и объем каждой группы n.

После преобразования функции выбора объекта $f_{sx}^{ri} = x_{ri}\, a_s^r\, a_x^i$ может быть получено несколько новых форм записи этой функции:

$$\left.\begin{aligned} f_{sx}^{ri} &= (x_{ri} a_x^i)\, a_s^r; \\ f_{sx}^{ri} &= x_{ri}\,(a_s^r\, a_x^i); \\ f_{sx}^{ri} &= (x_{ri} a_s^r)\, a_x^i. \end{aligned}\right\} \qquad (13.11)$$

Схемы, реализующие первые две функции выбора, показаны соответственно на рис. 13.2*б* и *в*.

Для приведенных форм записи функции (13.11) объем оборудования двухкоординатного определителя будет одинаковым и его стоимость находится из следующего выражения:

$$Q = c_1(n + k) + 4c_2kn, \qquad (13.12)$$

где c_1 и c_2 — стоимости соответственно одного элемента памяти счетных схем и одного элемента дешифраторов.

При синтезе определителя следует минимизировать функцию выбора, т. е. отыскивать такую форму ее записи, которая обеспечивала бы минимальный объем оборудования при заданной скорости отыскания обслуживаемых объектов. Минимизацию функции можно проводить в соответствии с рекомендациями, изложенными в [22].

Аналогичным образом можно получить функции выбора по трем, четырем, пяти и большему числу координат. По этим функциям могут быть синтезированы многокоординатные определители.

Выбор структуры определителя и количество координат зависят от емкости определителя N и требований к параметрам электрического сигнала, формируемого на выходе определителя. При переходе от однокоординатного определителя к двухкоординатному существенно уменьшается объем оборудования. Увеличение числа координат от двух до трех существенного уменьшения оборудования не дает, а увеличение числа координат до четырех и более приводит к увеличению объема оборудования.

В отдельных случаях уменьшение оборудования можно получить за счет использования в двоичных счетных схемах пирамидальных или многоступенчатых дешифраторов. При этом увеличивается число диодов между выходами элементов памяти счетной схемы и устройствами, которыми управляют определители.

Основное назначение управляющих устройств при установлении тракта передачи через коммутационную систему узла состоит в выборе точек коммутации на соответствующих звеньях соединения. Точки коммутации можно рассматривать как объекты *КС*, подлежащие выбору со стороны определителей при установлении соединения между входом и выходом данной *КС*. Местоположение точки коммутации в соответствующем звене однозначно опреде-

ляется координатами входа и выхода, связанными с нею (рис. 13.3). Состояние точки коммутации можно определить по состоянию входа и выхода. Поэтому функция выбора точки коммутации будет зависеть от четырех переменных: состояния входа x_i,

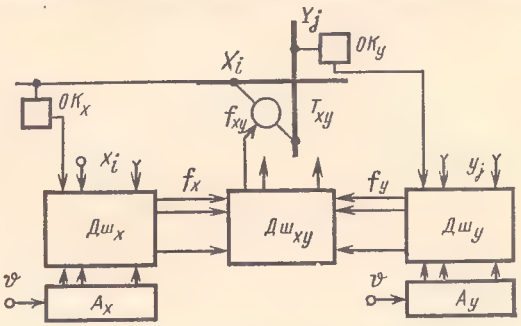


Рис. 13.3. Структурная схема определителя точек коммутации

состояния выхода y_j и координатных сигналов выбора входа $a^i{}_x$ и выхода $a^i{}_y$. Для выбора точки коммутации необходимо, чтобы каждая из переменных принимала значение 1. Следовательно, функцию выбора точки коммутации, например на звене A, можно представить как конъюнкцию этих переменных:

$$f_A = f^{ij}_{xy} = x_i a^i_x y_j a^j_y, \tag{13.13}$$

где $i=1, 2, ..., n$; $j=1, 2, ..., m$.

Функция (13.3), описывающая работу определителя точек коммутации звена A, реализуется двумя счетными схемами соответственно на n и m состояний и дешифратором емкостью nm выходов. Дешифратор представляет собой совокупность из схем типа И на четыре входа каждая (x_i, a^i_x, y_j, a^j_y).

Функцию выбора точки коммутации на основе ассоциативного закона можно привести к виду

$$f_A = (x_i a^i_x)(y_j a^j_y) = f^i_x f^j_y. \tag{13.14}$$

Следовательно, функция выбора точки коммутации представляет собой конъюнкцию функций выбора входа $f^i{}_x$ и выхода $f^j{}_y$, т. е. для выбора точки коммутации при установлении соединения требуется совместная работа двух определителей: определителя входов и определителя выходов, каждый из которых может быть одно-или многокоординатным.

Кроме определителей входов и выходов, для выбора точки коммутации необходимо иметь дешифратор емкостью nm выходов, реализующий конъюнкцию функций выбора входа и выхода. Каждый элемент дешифратора представляет собой схему типа И на два входа.

На рис. 13.3 представлена схема выбора точки коммутации в соответствии с функцией (13.14). Поскольку для образования

тракта передачи через *КС* требуется определять точки коммутации на соответствующих звеньях и ступенях искания, то управляющее устройство должно содержать определители входов и выходов, связанных с точками коммутации на каждом звене. Точка коммутации на соответствующем звене выбирается при совместной работе этих определителей (рис. 13.4).

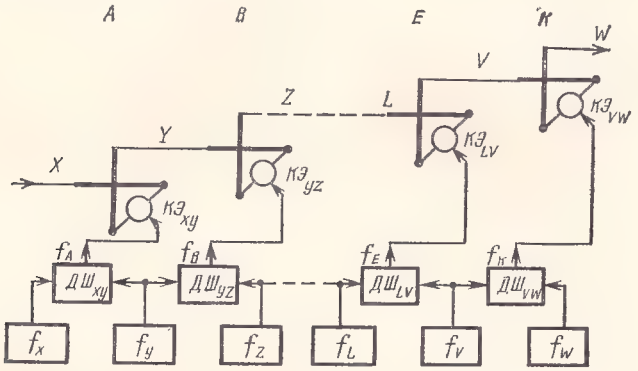


Рис. 13.4. Структурная схема управления выбором точек коммутации

В процессе установления соединения через заданную *КС* определители управляющего устройства работают в определенной последовательности в соответствии с заданным алгоритмом.

Статические определители

Статические определители представляют собой устройства, обеспечивающие выбор одного из N однотипных объектов. Для статического определителя фиксируются два множества:

множество входных сигналов, несущих информацию о состоянии объектов:

$$X\{x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_N\};$$

множество выходных сигналов, соответствующих функциям выбора объектов:

$$F\{f_x^1, f_x^2, \ldots, f_x^i, \ldots, f_x^N\}.$$

Функционирование определителя может быть описано следующей булевой функцией:

$$f_x^i = x_i\overline{(f_x^1 + f_x^2 + \ldots + f_x^{i-1} + f_x^{i+1} + \ldots + f_x^N)} \quad (13.15)$$

или

$$f_x^i = x_i(\bar{f}_x^1 \bar{f}_x^2 \ldots \bar{f}_x^{i-1} \bar{f}_x^{i+1} \ldots \bar{f}_x^N). \quad (13.16)$$

Изменение состояния определителя обеспечивается сигналами x_i, характеризующими состояние объектов, и сигналами обратной связи, представляющими собой функции выбора объектов f^i_x.

Удержание определителя в состоянии выбора объекта обеспечивается входным сигналом x_i, поэтому этот сигнал должен сохраняться до включения коммутационных элементов. Статические определители выбирают объект или подготавливают его к выбору без каких-либо управляющих сигналов из *ПУ* или другого *ФБ*.

На рис. 13.5*а* и *б* представлены функциональные схемы статического определителя, реализующие соответственно функции

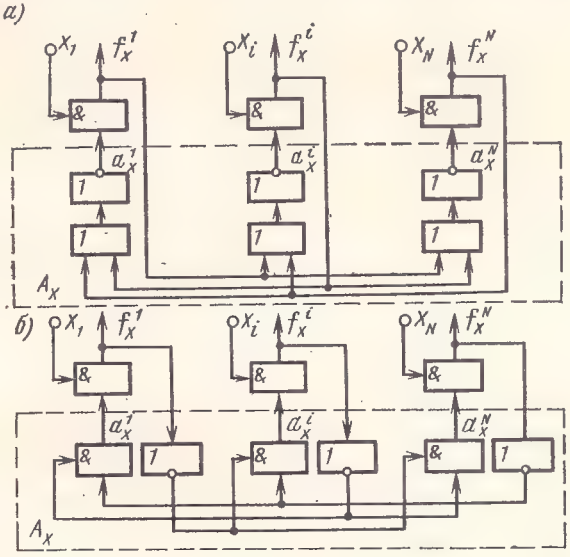


Рис. 13.5. Структурная схема статического определителя

(13.15) и (13.16). Данные определители могут работать только в режиме свободного искания.

Статический определитель можно разделить на две части: схему, формирующую координатный сигнал выбора объекта, и схему, реализующую функции выбора объектов f^i_x.

Схема, формирующая координатный сигнал выбора объектов, описывается булевой функцией:

для рис. 13.5*а*

$$a^i_x = \overline{f}^1_x\,\overline{f}^2_x \cdot \ldots \cdot \overline{f}^{i-1}_x\,\overline{f}^{i+1}_x \cdot \ldots \cdot \overline{f}^N_x$$

или для рис. 13.5*б*

$$a^i_x = \overline{f^1_x + f^2_x + f^3_x + \ldots + f^{i-1}_x + f^{i+1}_x + \ldots + f^N_x}.$$

Объем оборудования, выраженный в элементах дешифратора, при условии, что схема типа НЕ эквивалентна 1/2 элемента памя-

ти, $Q=N(N-1)+\alpha/2N$, где α — объем оборудования элемента памяти, выраженный в элементах дешифратора. Однако этот объем оборудования может быть отнесен только к статическим определителям малой емкости, поскольку в определителях большой емкости требуется установка усилителей или разделение всех входов на группы с целью обеспечения надежной блокировки входов при одновременном поступлении сигнала ($x_i=1$) из нескольких оконечных устройств.

Достоинством статических определителей является высокая скорость работы при отыскании объектов с требуемым признаком. Практически скорость ограничивается скоростью переключения элементов, на которых выполнен определитель. К недостаткам относятся сравнительно большой объем оборудования и зависимость электрического режима работы элементов от количества блокируемых объектов, а также необходимость введения специальных схем для изменения преимущества выбора объектов.

Импульсно-временно́й определитель представляет собой устройство, в котором каждый объект выбирается при совпадении импульсов от разных импульсных источников, имеющих разную длительность и частоту следова́ния [20]. Каждому объекту отводится определенная временна́я позиция, в которой происходит совпадение импульсов, образующих код данного объекта.

13.3. БЛОКИ ВКЛЮЧЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Блоки включения коммутационных элементов *(БВКЭ)* управляющих устройств квазиэлектронных и электронных систем предназначены для включения герконовых реле или электронных контактов разговорного тракта при установлении соединения между входом и выходом коммутационной системы узла. Блоки включения являются исполнительными и получают управляющую информацию из других блоков управляющего устройства. Структура блоков включения коммутационных элементов существенно зависит от структуры коммутационной системы.

Независимо от типа применяемого коммутационного прибора для управления коммутационным элементом необходимо выдать координатные сигналы выбора точки коммутации a_i и a_j и проверить ее состояние. Сигнал, характеризующий состояние точки коммутации α_{ij}, может принимать два значения (0 или 1). В одном из состояний, например *1*, точка коммутации считается свободной и может быть использована для образования соединительного пути в *КС* при установлении соединений, а в состоянии *0* она занята или блокирована и не может участвовать в образовании соединительного пути. Следовательно, для выбора и включения точки коммутации необходимо совпадение трех сигналов. Это условие может быть записано посредством логического произведения (конъюнкции):

$$f_{\alpha}^{ij}=a_i a_j \alpha_{ij}. \qquad (13.17)$$

Функцию f_{α}^{ij} назовем *функцией включения коммутационного элемента*. Эта функция после перевода *КЭ* в рабочее состояние не остается равной 1, так как сигнал состояния элемента α_{ij} после установления соединения принимает значение, равное 0. Поэтому удержание *КЭ* в рабочем состоянии должно обеспечиваться за счет внутренних свойств последнего или при помощи дополнительного элемента памяти в этой точке коммутации.

Сравнивая функцию включения *КЭ* (13.17) с функцией выбора объекта (13.10), можно заметить, что эти функции одинаковы, так как каждая из них представляет собой конъюнкцию координатных сигналов выбора соответствующего объекта, например *КЭ*, и сигнала его состояния. Учитывая это, структурную функцию определителя точек коммутации можно записать

$$F_{\text{т}} = \bigvee_{i=1;\ j=1}^{i=n;\ j=m} f_{\alpha}^{ij}. \qquad (13.18)$$

Полученная зависимость между функциями включения *КЭ* f_{α}^{ij} и $F_{\text{т}}$ казалось бы дает возможность получить сигналы для включения *КЭ* непосредственно из определителей. Однако это невозможно, так как в момент переключения *КЭ* сигнал его состояния α_{ij} изменяет свое значение с 1 на 0 и функция включения принимает значение, равное 0. Коммутационные элементы изменяют сигнал состояния с 1 на 0 несколько раньше, чем происходит их полное переключение. Например, контакты реле с целью обеспечения некоторого контактного давления замыкаются до того, как якорь окончательно притянется к сердечнику. Следовательно, сигналы включения *КЭ* становятся равными 0 раньше, чем происходит полное их переключение, в результате чего элемент может возвратиться в исходное состояние.

Для обеспечения надежного включения *КЭ* необходимо, чтобы функция f_{α}^{ij} не изменяла своего значения с 1 на 0 до полного его переключения. Это условие может быть выполнено при помощи дополнительного устройства в каждой точке коммутации, запоминающего предыдущее значение сигнала состояния *КЭ* на время, необходимое для полного его переключения. Однако это потребует значительного увеличения объема оборудования коммутационной системы.

Возможен другой способ, при котором используется значение структурной функции определителя точек коммутации. Действительно, равенство 1 значения функции $F_{\text{т}}$ свидетельствует о том, что выбранный при помощи определителя *КЭ* свободен и сигнал его состояния α_{ij} равен 1. Следовательно, если значение функции $F_{\text{т}}$ равно 1, то в блок включения *КЭ* (*БВКЭ*) можно выдавать сигнал, например из *ПУ*, разрешающий включать *КЭ*. В этом случае для построения *БВКЭ* нет необходимости использовать сигнал состояния выбранного *КЭ*, а функцию его включения можно записать так:

$$f_{\alpha}^{ij} = a_i a_j a_F, \qquad (13.19)$$

где a_F — сигнал, разрешающий включать выбранный *КЭ* ($a_F=1$, если значение $F_т$ равно 1).

Поскольку в коммутационных системах при установлении соединения отыскиваются не точки коммутации на каждом звене, а входы и выходы соответствующих звеньев, то для построения *БВКЭ* используется значение структурной функции определителя входов (или выходов). Равенство 1 значения структурной функции входов (выходов) F является свидетельством того, что выбранный определителем объект (вход или выход) свободен и сигнал состояния *КЭ*, при помощи которого выбранный объект может быть подключен к заданному входу или выходу, равен 1. Значение функции F можно фиксировать в определителе объектов. Если значение функции F равно 1, то с устройства, фиксирующего это значение, выдается сигнал, разрешающий включать *КЭ*.

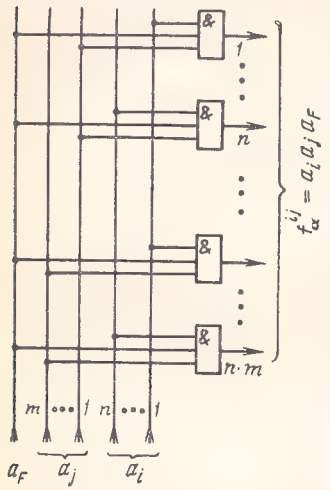


Рис. 13.6. Структурная схема *БВКЭ*

Для включения всех коммутационных элементов в *БВКЭ* необходимо иметь столько схем И, сколько точек коммутации в управляемой коммутационной системе. Так, блок включения коммутационных элементов в коммутаторе (рис. 13.6), имеющего n входов и m выходов, состоит из nm схем И, каждая из которых формирует сигнал на одном выходе блока. В этом случае блок включения представляет собой схему, состоящую из $(n+m+1)$ входных шин, на которые подаются координатные сигналы выбора коммутационных элементов a_i и a_j и сигнал a_F, разрешающий их включать, а также nm выходных шин, каждая из которых соединяется с тремя соответствующими входными шинами при помощи схемы совпадения И.

Таким образом, условие передачи сигналов на выходы *БВКЭ* определяется группой функций f_α^{ij} от входных переменных a_i, a_j, a_F, число которых на единицу больше числа координат, определяющих каждый элемент. Блок включения представляет собой схему, число входов которой $(s+1)$, а число выходов T равно числу включаемых *КЭ* (s — сумма числа значений всех координат, определяющих *КЭ*). Следовательно, при построении *БВКЭ* можно использовать методы синтеза схем со многими выходами.

Работа логической схемы, имеющей $(s+1)$ входов и T выходов, описывается совокупностью функций f_α^{ij}, каждая из которых определяет закон функционирования схемы по одному выходу:

$$f_\alpha^{ij} = (a_i a_j a_F)_{i=1;\ j=1}^{i=n;\ j=m}. \qquad (13.20)$$

Если реализовать функции включения, входящие в совокуп-

ность (13.20) независимо друг от друга, то схема со многими выходами, реализующая эти функции, будет содержать nm изолированных цепей. Однако в общем случае структуру этой схемы можно упростить за счет того, что отдельные цепи содержат схемы совпадения, соответствующие одинаковым членам функций включения. Таким образом, минимизация схем *БВКЭ* сводится к выявлению выражений, одинаковых для всех функций включения. Эти выражения можно реализовать только один раз, а сигналы с их выходов использовать многократно.

Рассмотрим синтез блоков включения двухзвенных коммутационных систем. Каждая точка коммутации звена A двухзвенной коммутационной системы (рис. 3.9) определяется координатами i, j и r, а точка коммутации звена B — координатами j, r и γ. Блок включения коммутационных элементов каждого звена должен реализовать соответственно совокупность функций включения:

на звене A

$$f_{\alpha}^{ijr} = \left\{ a_i a_j a_r a_F^A \right\}_{i=1;\ j=1;\ r=1}^{i=n_A;\ j=m_A;\ r=k_A}; \tag{13.21}$$

на звене B

$$f_{\alpha}^{jr\gamma} = \left\{ a_j a_r a_\gamma a_F^B \right\}_{j=1;\ r=1;\ \gamma=1}^{j=m_A;\ r=k_A;\ \gamma=m_B}, \tag{13.22}$$

где a_F^A — сигнал, разрешающий включать *КЭ* звена A; a_F^B — сигнал, разрешающий включать *КЭ* звена B.

Как следует из выражения (13.21), *БВКЭ* звена A состоит из $n_A m_A k_A$ схем И на четыре входа каждая, реализующих функции включения f_{α}^{ijr}. Если каждая схема И содержит четыре диода, то для построения *БВКЭ* потребуется $Q=4n_A m_A k_A$ диодов. Уменьшить количество диодов можно за счет наличия схем И, реализующих одинаковые выражения функций включений f_{α}^{ijr}. Общим для всех функций включения этого вида является сигнал a_F^A. Каждый координатный сигнал a_i является общим для $n_A k_A$ функций включения, каждый координатный сигнал a_r — для $n_A m_A$ функций и каждый координатный сигнал a_j — $n_A k_A$ функций. При $n_A > m_A > k_A$ общей для большего числа функций включения является каждая из схем И, реализующих выражения $a_r a_F^A$. Учитывая это, совокупность функций включения коммутационных элементов звена A можно записать следующими способами:

$$f_{\alpha}^{ijr} = \left\{ a_i \left[a_j \left(a_r a_F^A \right) \right] \right\}_{i=1;\ j=1;\ r=1}^{i=n_A;\ j=m_A;\ r=k_A} \tag{13.23}$$

или

$$f_{\alpha}^{ijr} = \left\{ a_j \left[a_i \left(a_r a_F^A \right) \right] \right\}_{i=1;\ j=1;\ r=1}^{i=n_A;\ j=m_A;\ r=k_A}. \tag{13.24}$$

В этом случае лучшее использование общих схем И будет при реализации *БВКЭ* в соответствии с выражением (13.24), так как $n_A > m_A$. Схема блока включения *КЭ* звена A, построенного указанным способом, состоит из трех ступеней схем И на два входа каждая и представляет собой пирамидальный дешифратор. Коли-

чество диодов, необходимых для построения *БВКЭ* в этом случае, равно

$$Q' = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 = 2k_A + 2k_A m_A + 2k_A m_A n_A. \tag{13.25}$$

В общем случае при таком способе построения *БВКЭ* пирамидальный дешифратор содержит Δ ступеней схем И (Δ — число координат, характеризующих точку коммутации). Следовательно, при использовании пирамидального дешифратора количество диодов в *БВКЭ* первого звена сокращается:

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{4k_A m_A n_A}{2k_A + 2k_A m_A + 2k_A m_A n_A} = \frac{4m_A n_A}{2 + 2n_A(1 + n_A)}. \tag{13.26}$$

При $m_A \gg 1$ и $n_A \gg 1$ отношение (13.26) равно $Q/Q' \approx 2$. Таким образом, если число координат, по которым определяется коммутационный элемент, равно или больше трех, то для уменьшения объема оборудования *БВКЭ* целесообразно использовать пирамидальные дешифраторы.

Подобным образом может быть построена схема *БВКЭ* звена *B* двухзвенной коммутационной системы. Если совокупность функций включения элементов звена *B* записать следующим образом:

$$f_\alpha^{lr\nu} = \left\{ a_\nu \left[a_j \left(a_r a_F^B \right) \right] \right\}_{j=1;\ r=1;\ \nu=1}^{j=m_A;\ r=k_A;\ \nu=m_B}, \tag{13.27}$$

то можно заметить, что схемы И, реализующие выражения $(a_r a_F^B)$ и $[a_j(a_r a_F^B)]$, могут быть общими для двух блоков включения при условии, что включение *КЭ* звеньев *A* и *B* производится одновременно после определения значений всех координат. Это условие может быть записано следующим образом:

$$a_F = a_F^A a_F^B = 1. \tag{13.28}$$

Тогда совокупности функций включения f_α^{ljr} и $f_\alpha^{lr\nu}$ записываются:
на звене *A*

$$f_\alpha^{ljr} = \left\{ a_l \left[a_j \left(a_r a_F \right) \right] \right\}_{l=1;\ j=1;\ r=1}^{l=n_A;\ j=m_A;\ r=k_A}; \tag{13.29}$$

на звене *B*

$$f_\alpha^{lr\nu} = \left\{ a_\nu \left[a_j \left(a_r a_F \right) \right] \right\}_{j=1;\ r=1;\ \nu=1}^{j=m_A;\ r=k_A;\ \nu=m_B}. \tag{13.30}$$

Как видно из рис. 13.7, такая схема *БВКЭ* содержит на $(2k_A + 2k_A m_A)$ диодов меньше, чем содержали бы два блока включения, построенные отдельно.

Следовательно, для уменьшения объема оборудования *БВКЭ* путем использования общих схем совпадения, реализующих одинаковые члены функций включения, необходимо определить общие координаты для различных звеньев коммутационной системы. Координатные сигналы, соответствующие этим координатам, должны поступать на схемы И первых ступеней блоков включения.

Аналогичным образом строятся блоки включения коммутационных элементов многозвенных систем [21].

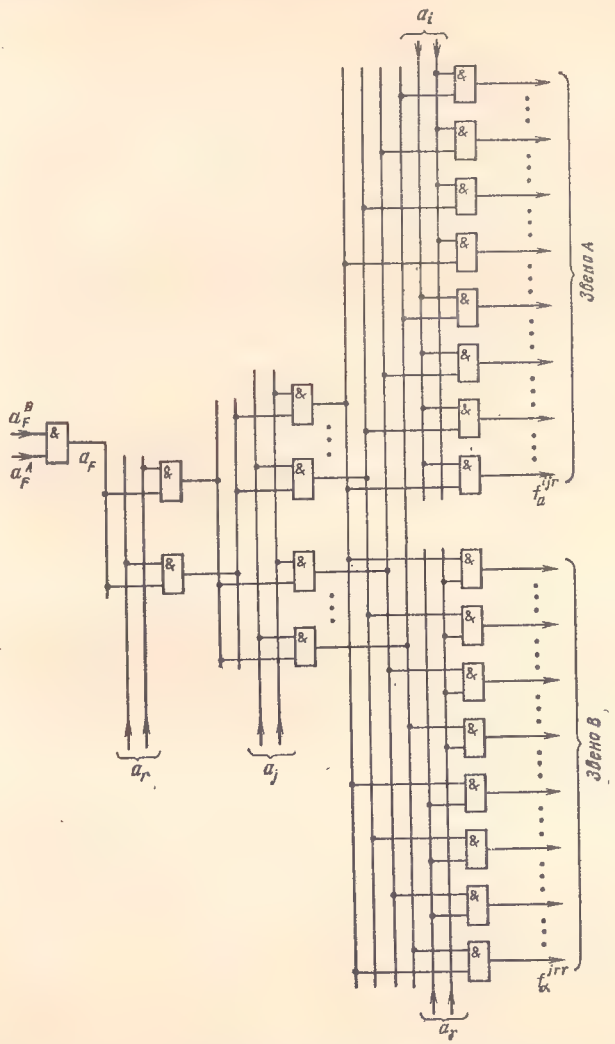


Рис. 13.7. Структурная схема *БВКЭ* двухзвенной *КС*

13.4. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПОДКЛЮЧАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Коммутационное оборудование АТС состоит из нескольких ступеней искания, в каждую из которых может входить несколько коммутационных блоков. Применение быстродействующих управляющих устройств позволяет использовать в однотипных коммутационных блоках для установления соединения одни и те же *УУ*. При этом появляется необходимость в подключающих устройст-

вах, которые поочередно подключали бы *УУ* к тому или иному коммутационному блоку. Аналогичная задача должна выполняться и в том случае, если имеется несколько регистров, которые необходимо подключать в определенной очередности к одному и тому же *УУ* по мере установления тех или иных соединений.

Электронные подключающие устройства состоят из некоторой совокупности схем типа И и ИЛИ. Каждая схема *И* имеет два входа и один выход. На один из входов поступает сигнал из устройства, требующего подключения, а на второй — сигнал из *УУ*, разрешающего подключение. Количество схем И соответствует количеству цепей, которые следует подключать из каждого устройства, умноженному на число этих устройств. Число схем типа ИЛИ определяется числом входов, к которым требуется подключать соответствующие устройства, а число входов в каждую схему ИЛИ — числом подключаемых устройств. Например, двухзначный регистр при многопроводном способе передачи информации подключается к *УУ* посредством 16 проводов, по 8 проводов от каждого регистратора. Следовательно, для каждого регистра потребуется 16 схем типа И и 16 схем типа ИЛИ, число входов в которых будет соответствовать числу подключенных регистров.

К электронным подключающим устройствам предъявляются следующие основные требования: высокое быстродействие, сравнимое с быстродействием *УУ*, и возможность одновременного подключения всех необходимых цепей. Последнее требование особенно важно, поскольку неодновременность подключения цепей может вызвать неправильный прием информации ввиду высокого быстродействия приемных элементов.

На рис. 13.8 представлена схема подключающего устройства для подключения двухзначных регистров к *УУ*. Каждый регистр, как было показано ранее, имеет регистратор десятков $Р_д$ и регистратор единиц $Р_е$, в которых информация о номере абонента записывается в двоичном коде. При подключении регистра к *УУ* в последнем осуществляется дешифрация информации и обеспечивается выбор требуемой линии. Поскольку информация о номере абонента может быть принята несколькими регистрами одновременно, а *УУ* обслуживает соединения в коммутационном блоке поочередно, схема подключения должна обеспечивать поочередное считывание информации. После того как в регистре заканчивается прием информации о номере абонента, триггер окончания набора номера $Тг_{о.н}$ переключается и выдает в определитель регистров *ОР УУ* сигнал о готовности регистра к выдаче информации. Определитель регистров определяет в заданной очередности состояние регистров посредством выдачи сигнала опроса на схему И, связанную с соответствующим регистром. Если, например, на регистре $Р_1$ закончился набор номера и определитель *ОР* выдал сигнал на схему $И_1$, то последняя переключается и на входах схем первой группы $И_1$—$И_8$ в схеме подключения *СП* появляется сигнал, разрешающий считывание. Схемы $И_1$—$И_8$ и $И'_1$—$И'_8$ данной группы переключаются и выдают сигналы через схемы $ИЛИ_1$—$ИЛИ_8$

и $ИЛИ^1_1$—$ИЛИ_1^8$ на входы дешифраторов $Дш_д$ и $Дш_е$ *УУ*. Посредством дешифратора *ДшА* выдается сигнал выбора в *АК*, номер которого соответствует цифрам, записанным в $Р_д$ и $Р_е$ регистра $Р_1$. Одновременно с выдачей сигнала в схему *СП* выдается сигнал на ос-

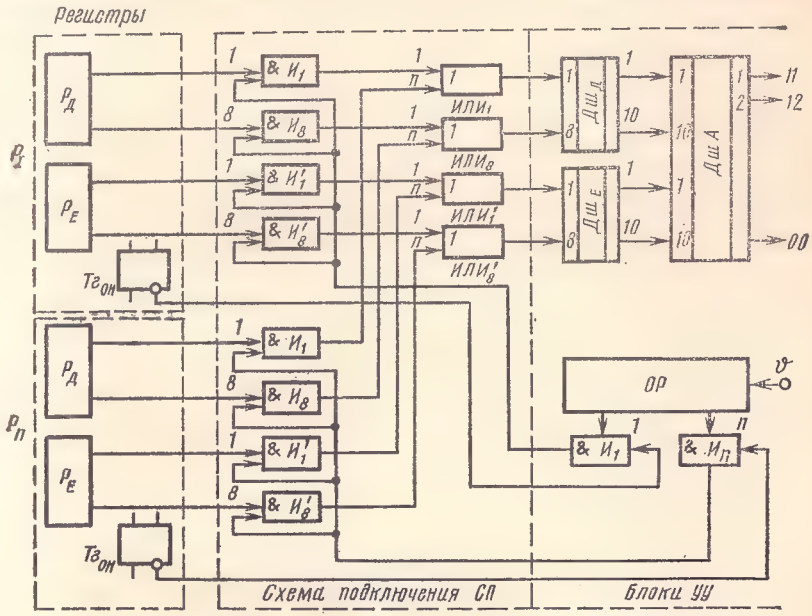


Рис. 13.8. Структурная схема подключающего устройства

тановку определителя регистров *ОР* на время передачи информации в *УУ* и установления требуемого соединения, после чего *ОР* переходит к опросу следующего регистра. Если в этот же момент на другом регистре, например $Р_п$, закончился прием информации о номере, то эта информация не может быть считана, пока определитель регистров не опросит его состояние, а это может произойти только, когда закончится установление соединения для абонента, занявшего регистр $Р_1$.

ГЛАВА 14

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКТЫ И РЕГИСТРЫ

14.1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

На коммутационном узле (станции) связи каждая включаемая линия оборудуется оконечным (линейным) комплектом. Этот комплект обеспечивает прием и передачу сигналов для установле-

ния и разъединения соединений, линейных сигналов, передаваемых по линии (каналу) связи, а также сигналов, которыми обмениваются линейные комплекты с управляющими устройствами в процессе установления и разъединения соединений. В некоторых случаях эти комплекты выполняют функции корректора сигналов.

Удельный вес оконечного оборудования достаточно велик, поэтому при синтезе его комплектов следует стремиться к их максимальному упрощению.

Схема оконечного комплекта зависит от типа линий, которые включаются в коммутационный узел (станцию). Различают комплекты: индивидуальных абонентских линий *АК;* линий спаренных телефонных аппаратов *КСА;* линий монетных автоматов; комплекты различных соединительных линий *КСЛ* (линий между однотипными АТС, между АТС различных систем, линий от подстанций и учрежденческих станций различных систем и т. д.). Кроме того, на АТС имеются комплекты, обеспечивающие питание микрофонов абонентских аппаратов и прием сигналов отбоя, так называемые шнуровые комплекты *ШК* и ряд других. При разработке этого типа оборудования на электронных элементах следует иметь в виду, что *ШК* и *КСЛ* включаются в разговорный тракт и, следовательно, влияют на качество передачи разговорных сигналов в части вносимого и переходного затухания. Поскольку и то и другое затухание нормируется, схемы комплектов должны рассчитываться таким образом, чтобы указанные затухания находились в пределах установленных норм для всего тракта передачи.

На автоматических телефонных станциях с косвенным управлением требуются регистры (или комплекты) для приема и фиксации информации о номере вызываемого абонента и передачи этой информации в управляющие устройства. Регистры выполняются на различных электронных и магнитных элементах. Выбор типа элемента определяется требованиями к регистру. В процессе установления соединений регистр и управляющее устройство обмениваются информацией, которая передается, как правило, в кодированном виде, поэтому на АТС, помимо электронных регистров, требуются также кодовые приемопередатчики, выполненные на электронных или магнитных элементах.

14.2. ЭЛЕКТРОННЫЙ АБОНЕНТСКИЙ КОМПЛЕКТ

Абонентские комплекты *АК* являются наиболее массовым видом оборудования АТС, поэтому при разработке станции стремятся по возможности сделать схему комплекта наиболее простой и содержащей минимальное число элементов. Исходя из этого в системах с общими управляющими устройствами стремятся часть функций, выполняемых *АК,* передать в общее управляющее устройство и тем самым сократить общий объем оборудования, поскольку *УУ* используется многократно. Таким образом функции *АК* выполняют как бы два блока: собственно абонентский комплект, которым оборудуются все абонентские линии на АТС, и общее уст-

ройство — определитель абонентских линий *ОАЛ*, устанавливаемый в *УУ* и связанный со всеми *АК*. В определителе абонентских линий, в свою очередь, также можно выделить элементы схем, число которых равно числу *АК*, и общие схемы, занимаемые независимо от того, какой комплект обслуживается. Функции *АК* при входящей и исходящей связи различны. При исходящей связи *АК* отмечает поступление вызова от абонентского аппарата, принимает сигнал подключения *УУ* и совместно с ним включает коммутационные элементы в *КС*. После установления соединения *АК* отмечается занятым для входящей связи.

При входящей связи *АК* принимает сигнал занятия из *УУ*, блокируется от нового занятия и вместе с *УУ* подготавливает или включает коммутационные элементы. На рис. 14.1 представлена структурная схема *АК*.

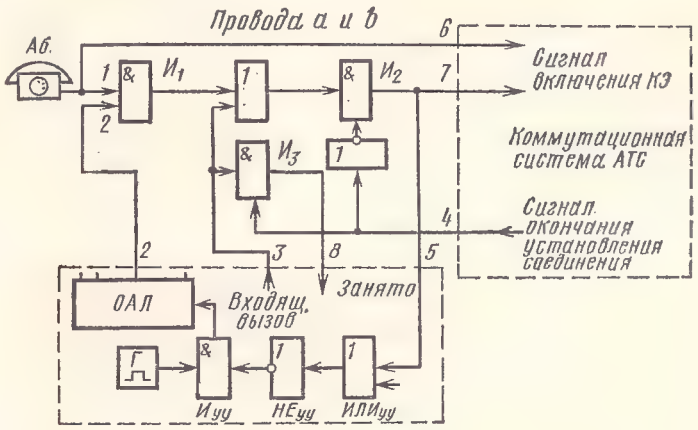


Рис. 14.1. Структурная схема *АК*

Определитель абонентских линий поочередно опробует состояние *АК*, и если последний не находится в состоянии вызова, то *ОАЛ* опробует *АК*, связанный со следующей абонентской линией, и т. д. Если абонент произвел вызов, то на вход *1* схемы $И_1$ поступил соответствующий потенциал и подготовил эту схему к работе. Как только определитель подключится к данному *АК* и подаст на вход *2* схемы $И_1$ потенциал, обеспечивающий ее переключение, на выходе схемы $И_1$ появится рабочий сигнал. Этот сигнал, пройдя через схемы ИЛИ и $И_2$, включит (или подготовит к включению) соответствующий коммутационный элемент в разговорном тракте. Схема $И_2$ была подготовлена к открытию еще в исходном состоянии, так как на входе схемы НЕ потенциал отсутствовал. Одновременно с сигналом на включение *КЭ* подается сигнал на схему $ИЛИ_{уу}$ и далее на схему $НЕ_{уу}$. В результате закроется схема $И_{уу}$ и импульсы от генератора перестанут поступать в определитель, благодаря чему последний будет находиться на выходе к данному

АК до окончания установления соединения через *КС* станции. Когда соединение будет установлено, на вход *4* поступит сигнал окончания установления соединения. При этом подготовится к открытию схема $И_3$, переключится схема НЕ и закроется схема $И_2$, определитель перейдет к обслуживанию других абонентов. Если коммутационный элемент не обладает свойством памяти, то он удерживается в разговорном тракте специальной схемой. В случае повторного подключения определителя к *АК*, уже занятому разговором, сигнал пройти на выход не сможет, так как закрыта схема $И_2$.

Если в данный *АК* поступил входящий вызов, о чем свидетельствует появление сигнала на входе *3*, то *АК* через схему $И_3$ передаст в *УУ* сигнал «Занято». При поступлении входящего вызова в свободный *АК* сигнал входа *3*, пройдя через схемы ИЛИ и $И_2$, включит коммутационный элемент в разговорном тракте. Абонентский комплект освободится, как только снимется сигнал с входа *4*, после выключения коммутационного элемента разговорного тракта.

Рассмотренный электронный *АК* выполняет только основные функции при установлении и разъединении соединения на АТС. Если он должен выполнять более сложные функции, например посылать зуммер «Занято» в случае невозможности установления соединения по тем или иным причинам, обеспечивать сигнализацию о неисправности абонентской линии и т. д., то естественно, что схема его будет более сложной и сам комплект более дорогим.

14.3. ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Для новых систем АТС механо-, квази- и электронного типа необходимо создать комплекты соединительных линий *КСЛ*, обеспечивающие совместную работу указанных АТС между собой и с существующими АТС электромеханического типа. Следует стремиться к тому, чтобы *КСЛ* был построен на тех же элементах, что и в согласуемых системах АТС. Например, если на сети, где действуют АТС декадно-шаговой системы, появляются станции с электронным управлением, желательно, чтобы *КСЛ*, устанавливаемые на АТС шаговой системы, были релейными, а на АТС с электронным управлением — электронными. Это обеспечивает однотипность применяемого оборудования и источников питания, облегчает обслуживание станций техническим персоналом.

Основными функциями, выполняемыми *КСЛ*, являются: прием и коррекция импульсов набора номера с последующей трансляцией их в регистр; контроль состояния проводов соединительной линии; удержание комплекта в рабочем состоянии; прием и передача сигнала отбоя; выдача зуммерных сигналов (а иногда сигналов посылки вызова). Кроме того, *КСЛ* выполняет другие функции, специфические для согласуемых систем.

Рассмотрим в качестве примера схему исходящего электронного комплекта соединительной линии *ИКСЛ* подстанции ПС-КЭ-100 при включении ее в опорную АТС декадно-шаговой системы. Этот комплект, устанавливаемый на подстанции, предназначен для приема и посылки линейных сигналов по исходящей соединительной линии между координатно-электронной подстанцией ПС-КЭ-100 и опорной АТС декадно-шаговой системы АТС-47 или АТС-54 [20].

Электронный комплект *ИКСЛ* разработан для совместной работы через соединительную линию с релейным комплектом $РСЛ_{вх}$, применяемым для координатной подстанции с релейным управлением ПС-МКС-100 с сохранением всех сигналов взаимодействия, передаваемых по соединительным линиям.

Схема электронного комплекта исходящей соединительной линии *ИКСЛ* выполняет следующие функции:

контролирует исправность соединительной линии;

контролирует состояние соединительной линии и связанного с ней *ПИГИ* опорной АТС;

передает информацию о состоянии соединительной линии в управляющее устройство;

обеспечивает цепь удержания коммутационного элемента во время разговора;

принимает сигнал отбоя по исходящей соединительной линии из схемы $РСЛ_{вх}$ опорной АТС;

обеспечивает освобождение приборов подстанции после отбоя;

передает сигнал о блокировке исходящей соединительной линии в блок дистанционной сигнализации, откуда выдается сигнал на опорную АТС.

Комплект исходящей соединительной линии (рис. 14.2) имеет четыре электронных ключа на транзисторах.

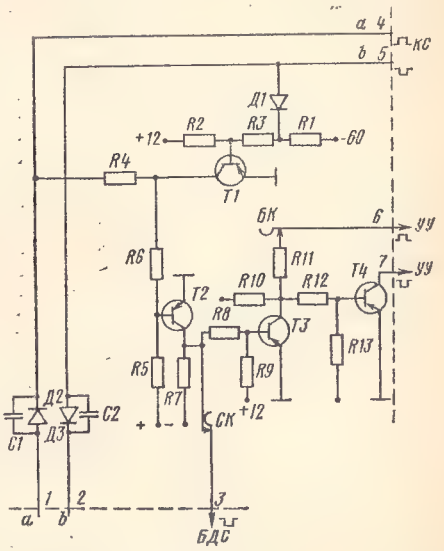


Рис. 14.2. Схема *ИКСЛ*

Транзистор *Т1* предназначен для контроля состояния и исправности соединительной линии. Транзистор *Т2* служит для приема сигнала отбоя со стороны опорной АТС. Транзистор *Т3* обеспечивает передачу сигнала о состоянии соединительной линии в *УУ*. Транзистор *Т4* предназначен для обеспечения цепи удержания коммутационного элемента во время разговора.

Схема *ИКСЛ* работает следующим образом.

В исходном состоянии *ИКСЛ*, когда соединительная линия исправна и свободна, на проводе *а* (вход *4*) имеется отрицательный потенциал, а на проводе *b* (вход *5*) — нулевой потенциал из

схемы $РСЛ_{вх}$ опорной АТС. Благодаря этому транзистор T_1 закрыт, а транзистор *Т2* открыт. С коллектора открытого транзистора *Т2* нулевой потенциал поступает на базу транзистора *Т3* и держит его в закрытом состоянии. Отрицательный потенциал с коллектора транзистора *Т3* подается на выход *6* в определитель исходящих соединительных линий, что служит признаком исправности и свободности данной соединительной линии.

Одновременно с коллектора транзистора *Т3* подается отрицательный потенциал на базу транзистора *Т4* и последний открывается, чем подготавливает цепь удержания коммутационного элемента (выход *7*).

При установлении исходящего соединения определитель исходящих линий отыскивает свободную и исправную исходящую линию, а следовательно, и связанный с ней *ИКСЛ*.

Если данный *ИКСЛ* выбран, то после включения коммутационного элемента создается цепь его удержания через открытый транзистор *Т4*. С этого момента данная исходящая линия отмечается занятой. В таком состоянии схема *ИКСЛ* остается до поступления сигнала отбоя из $РСЛ_{вх}$ опорной АТС. Сигнал отбоя абонента подстанции воспринимается на опорной АТС и сопровождается переполюсовкой проводов *а* и *b* соединительной линии. При этом открывается транзистор *Т1*, а транзистор *Т2* закрывается.

С коллектора транзистора *Т2* подается отрицательный потенциал на базу транзистора *Т3* и одновременно на выход *3* в блок дистанционной сигнализации *БДС*. Транзистор *Т3* открывается и закрывает транзистор *Т4*. При закрывании транзистора *Т4* происходит выключение коммутационного элемента, участвующего в данном соединении.

Открываясь, транзистор *Т3* одновременно подает нулевой потенциал на выход *6* на все время переполюсовки проводов *а* и *b*, что служит признаком занятости данного *ИКСЛ*. Таким образом, со стороны *УУ* этот *ИКСЛ* не может быть занят до тех пор, пока вызванный абонент не даст отбоя и на проводах соединительной линии не появятся потенциалы исходного состояния. Следовательно, этот сигнал подается на все время переполюсовки.

Если время переполюсовки превысит 200 мс (вызванный абонент не дал отбоя или не освободится *I/II ГИ*, связанный с данной соединительной линией), то в блоке дистанционной сигнализации вырабатывается сигнал блокировки исходящей соединительной линии, который передается на опорную АТС.

14.4. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГИСТРЫ

Электронные регистры используются в автоматических телефонных станциях с косвенным управлением. Регистры позволяют отделить этап приема импульсов набора номера от этапа управления приборами АТС при установлении соединения. Благодаря этому скорость установления соединения на ступенях искания не зависит от скорости набора номера абонентом и определяется ско-

ростью работы приборов управления и приборов, коммутирующих разговорный тракт, а также скоростью передачи информации из регистра в *УУ* на соответствующих ступенях искания.

В электронных, квази- и механоэлектронных АТС регистры после приема информации о номере вызываемого абонента обеспечивают быстродействующую передачу этой информации в электронное управляющее устройство. Как правило, информация из регистра передается в кодированном виде. В некоторых случаях регистр выполняет дополнительные функции, зависящие от системы АТС, способа взаимосвязи регистра с управляющими устройствами, способа подключения и т. п.

Рассмотрим схему двухзначного регистра, выполненного на диодах и транзисторах. Схема предназначена для приема и фиксации двух цифр абонентского номера, выдачи сигнала окончания набора номера в *УУ* и передачи информации о зафиксированном номере в *УУ*.

На рис. 14.3 представлена структурная схема регистра, а на рис. 14.4 — его принципиальная схема. Регистр содержит следую-

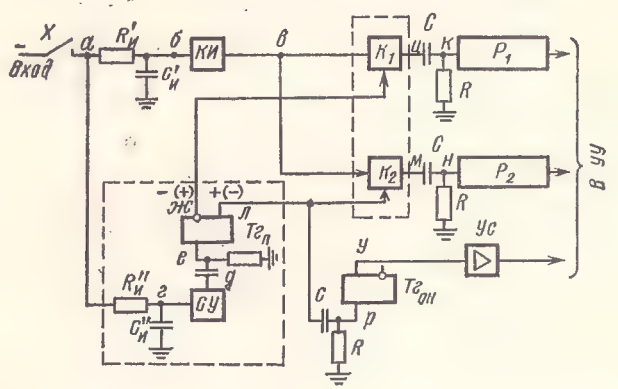


Рис. 14.3. Структурная схема электронного регистра

щие блоки: два регистратора P_1 и P_2 (десятков и единиц); два клапана (схемы типа И) K_1 и K_2; корректор импульсов *КИ*; переключатель серии *ПС*, состоящий из серийного устройства *СУ* и переключающего триггера $Тг_П$, триггера окончания набора номера $Тг_{О.Н}$.

Регистраторы предназначены для приема и фиксации цифр десятков и единиц абонентского номера и передачи накопленной информации в дешифратор *УУ*. Состоят они из четырех триггеров $Тг_1$—$Тг_4$ и $Тг'_1$—$Тг'_4$. На рис. 14.4 показаны схемы только триггеров $Тг_1$, $Тг'_1$. Клапаны K_1 и K_2 предусмотрены для передачи импульсов серии десятков и серии единиц абонентского номера в соответствующие регистраторы P_1 и P_2. Каждый клапан состоит из двух транзисторов, включенных последовательно ($Т_3$, $Т_4$ и $Т_{20}$, $Т_{21}$).

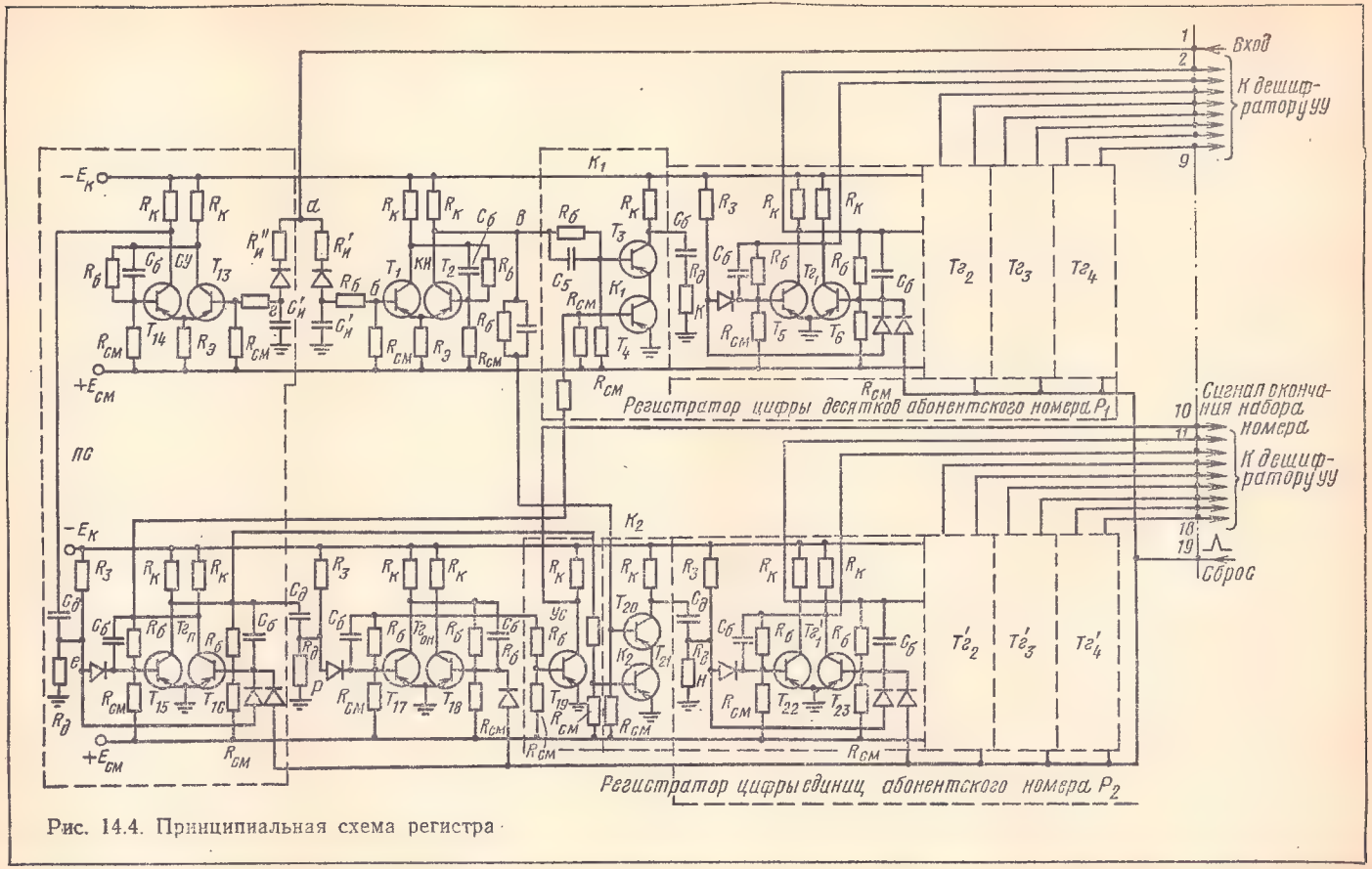


Рис. 14.4. Принципиальная схема регистра

Функцией *корректора импульсов КИ* является исправление (формирование) фронтов импульсов, поступающих с линии. Корректор содержит транзисторы T_1 и T_2 и интегрирующую цепь $R'_иC'_и$.

Переключатель серий ПС предназначен для переключения клапанов K_1 и K_2 после окончания соответствующих серий импульсов. В состав его входят серийное устройство *СУ* с интегрирующей цепью $R''_иC''_и$ на входе и переключающий триггер $Тг_п$ на транзисторах T_{15} и T_{16}, который управляет работой клапанов K_1 и K_2.

Триггер окончания набора $Тг_{о.н}$ выдает сигнал об окончании набора номера в *УУ*.

На рис. 14.5 приведена диаграмма напряжений в различных точках схемы регистра во время фиксации двух серий импульсов набора номера. На схемах рис. 14.4 и 14.5 эти точки обозначены строчными буквами.

В исходном состоянии регистра все триггеры счетных схем P_1 и P_2 находятся в положении, при котором левые (по схеме) транзисторы открыты, а правые закрыты. С коллектора транзистора T_{16} переключающего триггера $Тг_п$ подается отрицательный потенциал на базу транзистора T_4 клапана K_1, благодаря чему транзистор открыт и клапан K_1 подготовлен к открытию. С коллектора открытого транзистора T_{15} переключающего триггера $Тг_п$ на базу транзистора T_{21} клапана K_2 подается потенциал земли, что обеспечивает последнему закрытое состояние.

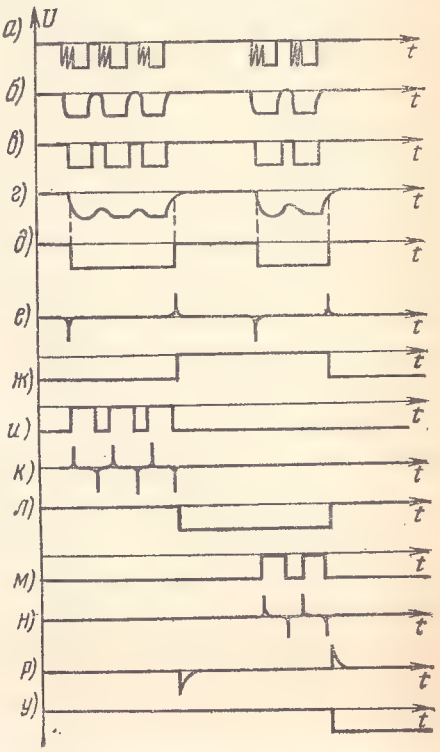


Рис. 14.5. Диаграмма напряжений в отдельных точках регистра

После занятия регистра на его вход (точка *а*) поступают отрицательные импульсы цифры десятков. Эти импульсы, проходя интегрирующую цепочку $R'_иC'_и$, поступают на вход корректора импульсов *КИ* (точка *б*). При каждом импульсе транзистор T_1 открывается, а транзистор T_2 закрывается, и с его коллектора отрицательный потенциал подается на базы транзисторов T_3 и T_{20} (точка *в*) клапанов K_1 и K_2. Так как транзистор T_{21} закрыт, то клапан K_2 открыться не может, клапан K_1 будет открываться при каждом им-

пульсе, и с его выхода (с дифференцирующей цепочки $C_д R_д$) будут поступать положительные импульсы на вход первого счетного триггера $Тг_1$ регистратора цифры десятков $Р_1$.

Одновременно импульсы серии десятков поступят на серийное устройство *СУ* переключателя серий *ПС* через интегрирующую цепочку $R''_и C''_и$. От первого импульса *СУ* переключится (транзистор $Т_{13}$ откроется, а транзистор $Т_{14}$ закроется), при этом с коллектора транзистора $Т_{14}$ отрицательный потенциал поступит на вход переключающего триггера $Тг_п$. Триггер переключается только положительными импульсами, т. е. он останется в исходном состоянии.

Благодаря наличию на входе серийного устройства интегрирующей цепочки с большой постоянной времени *СУ* останется в переключенном состоянии до окончания серии. После окончания серии *СУ* вернется в исходное состояние, а на вход переключающего триггера $Тг_п$ поступит положительный импульс. Триггер $Тг_п$ переключится, закроет клапан $К_1$ и подготовит к открытию клапан $К_2$. Состояние счетных $Тг$ регистратора цифры десятков $Р_1$ будет зависеть от набираемой цифры.

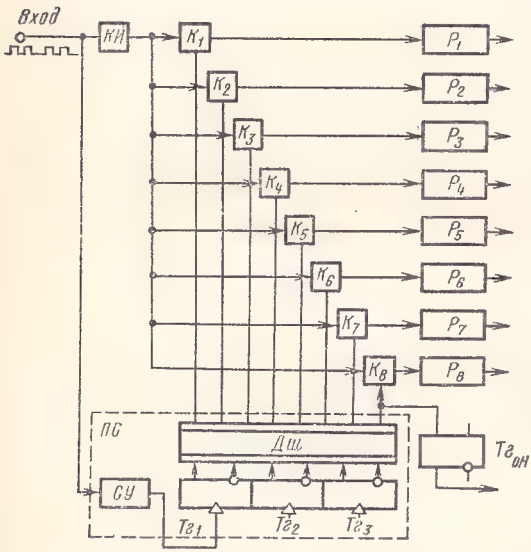


Рис. 14.6. Структурная схема восьмизначного регистра

При поступлении на вход регистра второй серии импульсов переключаются триггеры счетной схемы регистратора цифры единиц $Р_2$. По окончании второй серии импульсов счетная схема $Р_2$ будет находиться в состоянии, соответствующем числу импульсов в серии. Серийное устройство снова переключит триггер $Тг_п$, последний закроет клапан $К_2$ и подготовит к открытию клапан $К_1$, обеспечивая тем самым прием импульсов на $Р_1$ при новом занятии регистра. Одновременно переключающий триггер $Тг_п$ переключит триггер окончания набора $Тг_{о.н}$ и с коллектора транзистора $Т_{19}$ будет выдан сигнал окончания набора номера (отрицательный потенциал) в *УУ*.

После выдачи регистром сигнала окончания набора номера происходит считывание зафиксированной информации; при этом выходы регистраторов (коллекторы счетных триггеров $Тг_1$—$Тг_4$ и $Тг'_1$—$Тг'_4$) подключаются к *УУ*.

При освобождении регистра все триггеры положительным импульсом «Сброс» принудительно устанавливаются в исходное состояние.

Для получения схемы регистра на любое заданное число знаков достаточно в схеме переключателя серий иметь вместо одного переключающего триггера счетную схему на заданное число знаков абонентского номера. Для 6-, 8-значного регистра в схеме *ПС* необходимо иметь счетную схему из трех триггеров $Тг_1$—$Тг_3$ с дешифратором *Дш* (рис. 14.6).

ГЛАВА 15

КВАЗИЭЛЕКТРОННЫЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АТС

15.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время во многих странах мира ведутся разработки новых систем АТС, базирующихся на современных достижениях электроники и вычислительной техники. Поскольку еще не найден электронный элемент для коммутации разговорного тракта, способный конкурировать по своим технико-экономическим показателям с металлическим контактом соединителей и реле, создаются системы АТС, в которых для коммутации разговорного тракта используются приборы с металлическими контактами, а устройства управления построены на электронных и магнитных элементах. В коммутационных системах АТС используются: 1) обычные или малогабаритные многократные координатные и кодовые соединители. Эти системы получили название механоэлектронных АТС; 2) быстродействующие реле с герметизированными контактами, называемыми герконами, или реле с открытыми контактами (типа ESK). Такие АТС называются квазиэлектронными или полуэлектронными.

Наибольший интерес представляют квазиэлектронные системы АТС (КЭАТС), в которых благодаря быстродействию элементов, коммутирующих разговорный тракт, более эффективно используются электронные устройства управления. Разрабатываемые квазиэлектронные АТС отличаются между собой большим разнообразием основных технических решений [22].

Квазиэлектронные АТС классифицируются по следующим признакам.

1. По типу металлического контакта, используемого для коммутации разговорного тракта: герметизированные контакты (герконы); открытые контакты.

2. По способу управления элементом в точке коммутации: индивидуальные обмотки для каждого элемента; общие обмотки на группу элементов, расположенные по горизонтали и вертикали коммутационной схемы; по принципу МКС (электромеханический).

3. По способу удержания элемента в рабочем положении: электрический; магнитный; механический.

4. По проводности точки коммутации: двух- или четырехпроводные (только разговорные провода); трех, четырех-, пятипроводные и т. д. (кроме разговорных, существуют служебные провода—пробные, удержания).

5. По способу управления установлением соединения: централизованное управление с замонтированной программой; централизованное управление с записанной программой.

6. По способу хранения информации о состоянии коммутационной системы: посредством служебных проводов и контактов *КС*; в запоминающем устройстве.

Анализ разработок квазиэлектронных АТС показывает, что в качестве управляющих устройств в коммутационных узлах различного назначения (АТС, АМТС, УИС, УВС, УАТС и т. д.) находят применение специализированные электронные управляющие машины ЭУМ [21, 26]. Эти машины, кроме основных функций по установлению соединений, контролируют состояние оборудования, учитывают телефонную нагрузку и потери сообщения на отдельных направлениях, определяют номер вызывающего абонента при автоматической междугородной связи, производят тарификацию междугородных переговоров и т. д.

Для построения специализированных управляющих машин используются новейшие достижения, имеющиеся в вычислительной технике и интегральной электронике.

В разрабатываемых КЭАТС предусматривается возможность предоставления абонентам по мере необходимости дополнительных видов обслуживания, таких, как сокращенный набор номера для наиболее часто вызываемых абонентов, автоматическая переадресация вызова на другой телефонный аппарат, установка на ожидание в случае занятости вызываемого абонента, конференц-связь, наведение справок без нарушения установленного соединения и т. д.

15.2. КВАЗИЭЛЕКТРОННЫЕ АТС С ЗАПИСАННОЙ ПРОГРАММОЙ

Общие сведения

Системы квазиэлектронных АТС различаются по назначению, емкости, способу построения управляющих устройств и другим показателям. Рассмотрим один из способов построения КЭАТС большой емкости для городских телефонных сетей с управлением посредством ЭУМ и записанной программой.

Комплекс оборудования КЭАТС позволяет строить городские опорные АТС, узлы исходящего и входящего сообщений УИВС и подстанции. Опорные АТС могут работать на районированных и нерайонированных городских телефонных сетях и иметь емкость до 20 000 абонентских линий с удельной нагрузкой 0,1 Эрл. Ква-

зиэлектронная АТС имеет блочное построение и может наращиваться блоками по 4096 абонентских линий. Емкость узлов исходящих — входящих сообщений — до 4096 линий с возможностью наращивания блоками по 1024 линии. Нагрузка на вход составляет 0,6 Эрл. На УИВС может быть образовано от 20 до 130 направлений. В направлениях к другим узлам сети число линий может быть от 100 до 1000 линий, в направлениях к опорным АТС — от 20 до 180. Коммутационная система АТС строится на основе коммутационных блоков, выполненных на двухпроводных многократных ферридовых соединителях МФС емкостью 8×8. Параметры абонентских и соединительных линий приведены в табл. 15.1.

Таблица 15.1

ПАРАМЕТРЫ АБОНЕНТСКИХ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Тип линии	Максимальное сопротивление шлейфа, Ом	Минимальное сопротивление изоляции, кОм		Максимальная емкость между проводами, мкФ
		между проводами	между проводом и землей	
Абонентские линии (без ТА)	1000	80	80	0,5
Линии удаленных абонентов (без ТА)	2000	20	20	1,0
Соединительные линии	3000	150	150	1,6

На КЭАТС предусматривается предоставление следующих дополнительных видов обслуживания (ДВО): сокращенный набор номера наиболее часто вызываемых абонентов сети; сопровождающий вызов при внутристанционной связи, позволяющий направить вызовы на другой ТА, где в данный момент находится вызываемый абонент; автоматическое временное отключение ТА для входящей связи; передача входящих вызовов на бюро поручений на время отсутствия абонента; автоматическая передача вызова на другой ТА при занятости вызываемого абонента, организация конференц-связи для группы в 3—5 абонентов в пределах одной АТС; подключение к различным автоинформаторам.

Предусматривается передача управляющей информации между КЭАТС по общему каналу сигнализации (ОКС), а между КЭАТС и существующими системами АТС — по разговорным проводам. Связь с существующими системами АТС предусматривается через опорные КЭАТС.

Для построения КЭАТС используются многократные ферридовые соединители (двух- или четырехпроводные), электронные полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды, стабилитроны, тиристоры), в основном кремниевые, имеющие высокую устойчивость к тепловым воздействиям, интегральные микросхемы, что позволяет уменьшить массу, габариты, потребляемую мощность

оборудования и повысить его надежность. В отдельных блоках и комплектах используются герконовые реле.

Конструктивная единица оборудования КЭАТС, называемая секцией, имеет следующие конструктивные размеры: высота 2600 мм, ширина 800 мм. Оборудование размещается рядами, ряды компонуются парами, монтажной стороной друг к другу. Расстояние между монтажными сторонами 600 мм. Проход между рядами 1000 мм.

Электропитание осуществляется от аккумуляторной батареи, работающей в буферном режиме с выпрямительными устройствами. Напряжение питания 60±10% В. Для получения других градаций напряжения, требуемых для отдельных групп оборудования, устанавливаются вторичные источники питания ВИП, преобразующие постоянное напряжение 60 В в постоянное стабилизированное напряжение следующих градаций: для коммутационного оборудования: +5, —12, +12,6 и +24 В; для управляющего комплекса: 2,4, 5, 6,3, 12,6, 20, 27 и 40 В. Вторичный источник питания построен в основном на транзисторах, обладает малыми размерами, массой и высокой надежностью. Он устанавливается на стативах совместно с питаемым оборудованием.

Структура коммутационной системы КЭАТС

На рис. 15.1 представлена структурная схема коммутационной системы опорной КЭАТС. Коммутационная система строится из коммутационных блоков абонентских *БАЛ* и соединительных *БСЛ* линий.

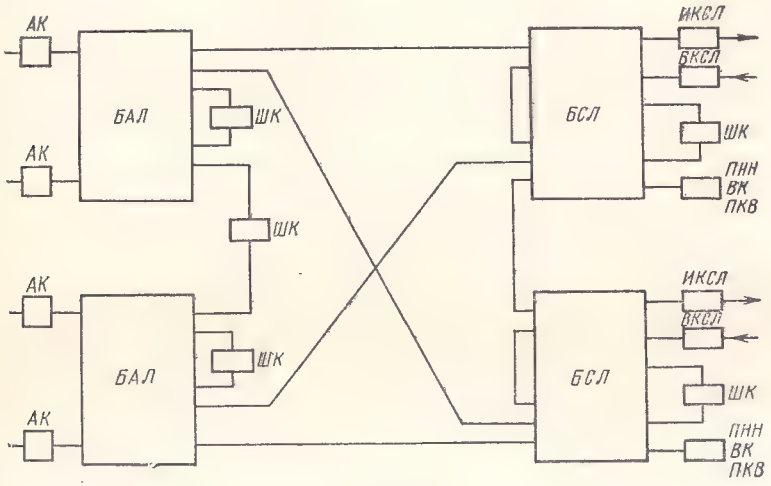


Рис. 15.1. Схема коммутационной системы КЭАТС

В основу построения *КС* положен блочный принцип, обеспечивающий гибкость системы при изменении емкости станции и телефонной нагрузки. Блоки *БАЛ* и *БСЛ* имеют четырехзвенное по-

строение. Во входы блоков *БАЛ* включаются абонентские линии, в выходы блоков *БСЛ* — комплекты исходящих *ИКСЛ* и входящих *ВКСЛ* соединительных линий и устройства различного назначения: шнуровые комплекты *ШК*; приемники набора номера *ПНН*; частотные приемопередатчики *ЧПП*; батарейные передатчики *БП*, испытательные комплекты, вспомогательные комплекты *ВК* и другие комплекты, необходимые в процессе установления соединений.

В выходы блоков *БАЛ* включаются межблочные линии, одна часть которых предназначена для соединения с блоками *БСЛ* при установлении внешних соединений, а другая — для установления внутристанционных соединений в пределах одного блока *БАЛ* или между этими блоками. В эти линии включаются шнуровые комплекты *ШК*. Включение *ШК* в блоки *БАЛ* уменьшает нагрузку на блоки *БСЛ*, что позволяет сократить количество этих блоков при большой внутристанционной нагрузке. Однако при таком включении образуются небольшие пучки, в которых *ШК* имеют малое использование. Для увеличения использования *ШК* некоторые из них включаются в выходы *БСЛ* для пропуска избыточной внутристанционной нагрузки. В силу этого часть внутристанционных соединений проходит через 8 звеньев (только через блоки *БАЛ*), а часть — через 16 звеньев (через блоки *БАЛ* и *БСЛ*). Входящие и исходящие внешние соединения устанавливаются че-

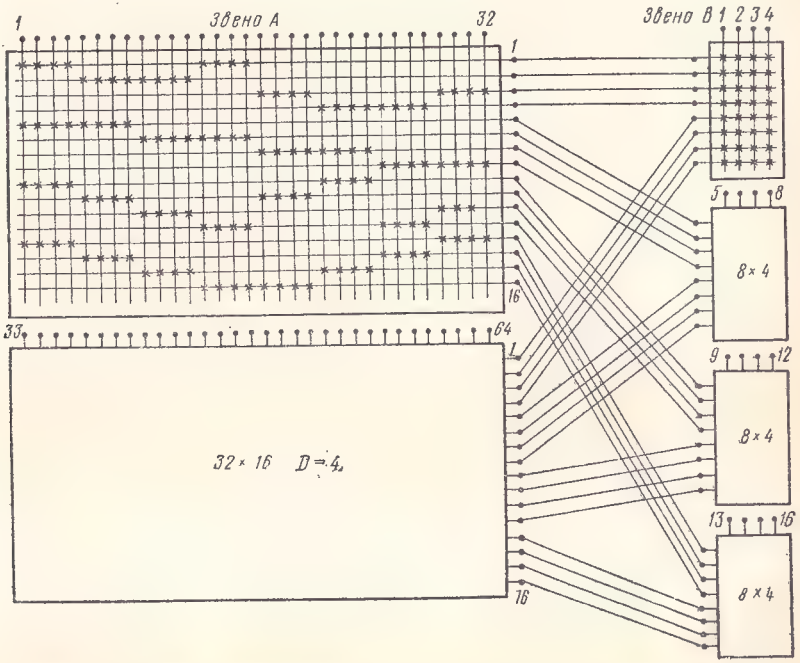


Рис. 15.2. Блок концентрации 64×32×16 с $D=4$ на звене *А*

рез 8 звеньев (через блоки *БАЛ* и *БСЛ*). На АТС предусматриваются также транзитные соединения, которые устанавливаются через 8 звеньев блоков *БСЛ*.

Блок абонентских линий построен из блоков концентрации (звенья *А* и *В*) и блоков смешивания (звенья *С* и *D*). На рис. 15.2 представлен блок концентрации с параметрами 64×32×16 с концентрацией 4 : 1. На звене *А* использованы два однозвенных неполнодоступных блока 32×16 с доступностью 4, а на звене *В* — четыре полнодоступных блока 8×4. Связность в блоке концентрации $f_{AB}=4$. Такой блок рассчитан на удельную абонентскую нагрузку 0,1 Эрл. Для включения абонентских линий с большой удельной нагрузкой (0,12—0,2 Эрл) используется блок с концентрацией 2 : 1 и с параметрами 32×32×16 (рис. 15.3). На звене *А*

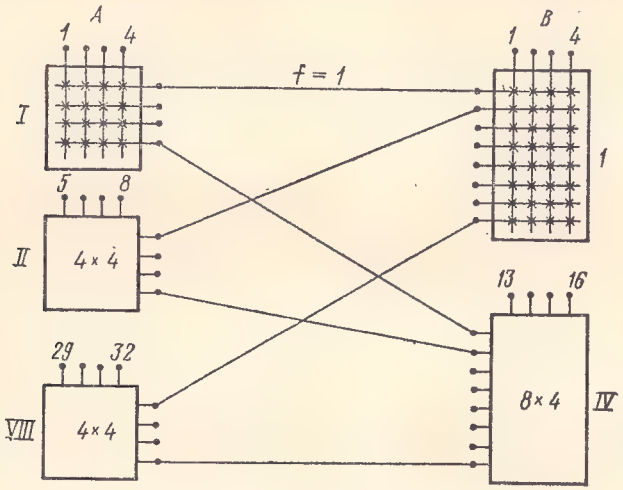


Рис. 15.3. Блок концентрации 32×32×16

используются восемь блоков 4×4, а на звене *В* — четыре блока 8×4 при связности $f_{AB}=1$.

Блок смешивания имеет параметры 64×64×64 и состоит из восьми блоков 8×8 на звене *С* и 8 блоков 8×8 на звене *D*, связность $f_{CD}=1$ (см. рис. 10.8*а*).

На основе блоков концентрации и смешивания выполняется блок *БАЛ* на требуемую емкость. На рис. 15.4 приведена схема блока *БАЛ* на 4096 входов и 1024 выходов. Для построения такого блока требуется 64 блока концентрации (4096:64=64) и 16 блоков смешивания (1024 : 64=16). Следовательно, параметры блока будут 4096×2048×1024×1024. Между каждым входом и выходом *БАЛ* имеется один соединительный путь. Число блоков *БАЛ* зависит от емкости АТС. Так, при наличии двух блоков *БАЛ* на АТС можно включить 8192 абонентских линий, при трех — 12 288 и т. д.

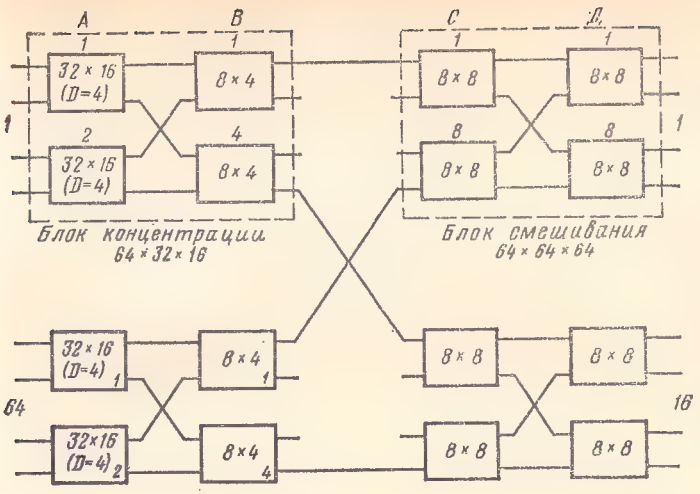


Рис. 15.4. Схема блока *БАЛ* на 4096 входов и 1024 выхода

Блоки соединительных линий *БСЛ* комплектуются только из блоков смешивания с параметрами $64 \times 64 \times 64$ как на звеньях *A* и *B*, так и на звеньях *C* и *D*. На рис. 15.5 показана схема *БСЛ* на 1024 входа и 1024 выхода. Для построения блока требуется

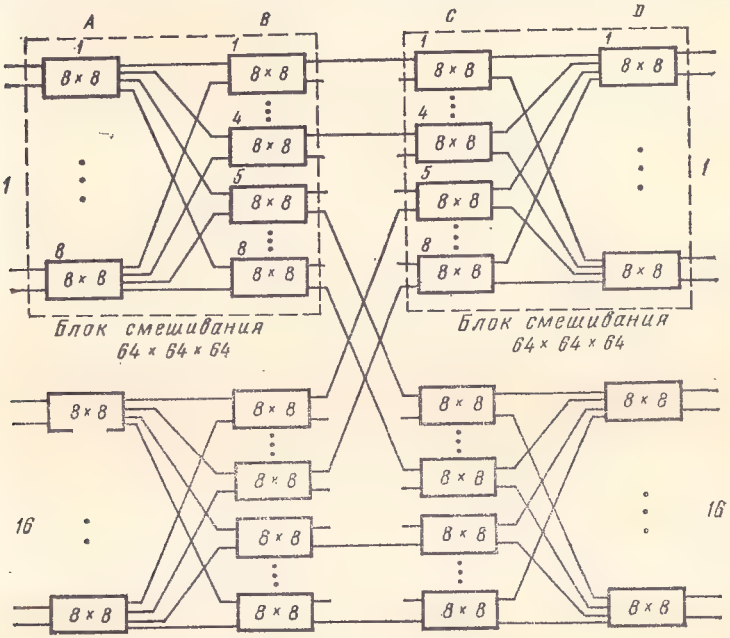


Рис. 15.5. Схема блока *БСЛ* на 1024 входа и 1024 выхода

16 блоков смешивания на звеньях *A* и *B* и 16 на звеньях *CD*. Между входом и выходом соединение может быть установлено по любому из четырех соединительных путей. Все блоки *БАЛ* и *БСЛ* связаны между собой по принципу «каждый с каждым», соединение между блоками осуществляется на промежуточном щите.

Структура управляющего устройства

Управление установлением соединения осуществляет электронная управляющая машина ЭУМ. Для обеспечения требуемой надежности используются две машины, образующие двухмашинный комплекс. На рис. 15.6 представлена структурная схема КЭАТС, на которой показаны основные функциональные блоки *ПУУ* и ЭУМ. В состав *ПУУ* входят: определитель абонентских линий *ОАЛ*; блок включения коммутационных элементов *БВКЭ*; определитель входов (комплектов) *ОВ*; определитель отбоя $O_{отб}$; центральный импульсный распределитель *ЦИР*, предназначенный для распределения сигналов по блокам *ПУУ*, согласующие устройства *СУ*.

Управляющий комплекс работает по записанной программе. Каждая из двух электронных управляющих машин ЭУМ содержит: центральный процессор *ЦПр*; периферийный процессор *ППр*; оперативное запоминающее устройство *ОЗУ*; постоянное (долговременное) запоминающее устройство *ПЗУ*; две группы каналов (устройств) ввода-вывода *КВВ1* и *КВВ2*; устройства управления комплексом *УУК* и внешние устройства *ВУ*.

Центральный процессор *ЦПр* предназначен для арифметической и логической обработки в реальном масштабе времени информации о вызовах, поступающей из периферийного процессора, мультиплексного канала *МК* или непосредственно из периферийных управляющих устройств при отсутствии периферийного процессора. Центральный процессор взаимодействует с оперативным и постоянным запоминающими устройствами как при выполнении команд программы, так и при обмене информацией между памятью ЭУМ и внешними устройствами.

Управление работой всех устройств комплекса производится автоматически по командам управляющей программы, выполняемой центральным процессором. Последний выполняет 120 команд, формат которых занимает 32 разряда. В составе команд наряду с обычными командами, используемыми в ЭВМ общего назначения, имеются команды, специфические для процессов телефонной коммутации.

Центральный процессор имеет систему прерываний, которая позволяет вести обработку информации в реальном масштабе времени, и канал (устройство) прямого управления, предназначенный для организации двухмашинной работы управляющего комплекса, обнаружения ошибок и диагностики. Быстродействие *ЦПр* составляет 250 тыс. операций в секунду при выполнении команд типа «сложение» в формате сумматор—память.

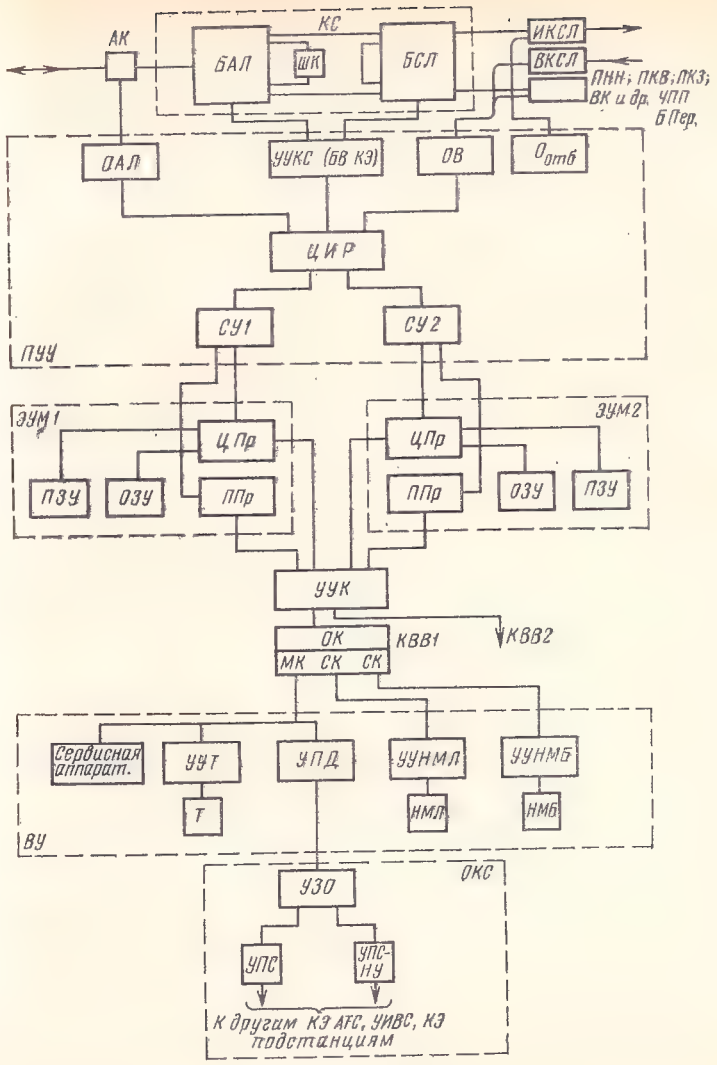


Рис. 15.6. Структурная схема опорной КЭАТС

Периферийный процессор *ППр* предназначен для согласования временных режимов *ПУУ* с ЭУМ и снижения необходимого быстродействия *ЦПр*. Периферийный процессор выполняет операции ввода информации из *ПУУ* в ЭУМ, вывода информации из памяти ЭУМ в *ПУУ* и предварительной логической обработки, вводимой из *ПУУ* информации. Для управления операциями ввода-вывода информации из *ПУУ* периферийный процессор использует команды *ЦПр* «Начать ввод-вывод», «Остановить ввод-вывод», «Опросить канал», «Опросить ввод-вывод», так как связь между *ЦПр*

и *ППр* организована аналогично связи между *ЦПр* и каналами (устройствами) ввода-вывода. В некоторых случаях *ППр* в ЭУМ не устанавливают.

Оперативное запоминающее устройство *ОЗУ* предназначено для временного хранения информации о состоянии объектов коммутационной системы и программ. В качестве *ОЗУ* используется устройство емкостью 65 536 слов (64 кбайт). Каждое слово состоит из 32 информационных и четырех контрольных разрядов (битов). Оперативное запоминающее устройство состоит из двух блоков памяти емкостью по 32 К и построено на ферридовых кольцевых сердечниках диаметром 0,6 мм. Время цикла *ОЗУ* — 1,25 мс, время выборки — 0,75 мс.

Постоянное запоминающее устройство *ПЗУ* предназначено для долговременного хранения программ. Емкость ПЗУ 12 812 36-разрядных слов состоит не более чем из 8 блоков (модулей), время цикла обращения — 1,25 мс, время выборки — 0,75 мс.

Каналы (устройства) ввода-вывода *КВВ* обеспечивают связь *ППУ* и разнотипных внешних устройств с процессорами и *ОЗУ*. Наличие *КВВ* устраняет необходимость непосредственной связи между процессорами и устройствами управления внешними устройствами и позволяет осуществить выполнение основной программы параллельно с выполнением операций ввода-вывода.

Обмен данными между процессорами и внешними устройствами производится через систему шин. Для операций ввода-вывода *КВВ* использует серию собственных команд. При этом структура и набор команд, управляющие сигналы и информационные слова, принимаемые для управления любыми внешними устройствами, не зависят от типа последних. Обмен информацией между *ОЗУ* и внешними устройствами *ВУ* может производиться в двух режимах: групповым и мультиплексным.

В групповом режиме выбираемое *ВУ* использует все средства управления, имеющиеся в *КВВ*, и остается в логической связи с этим устройством, пока не завершится передача всего массива данных или управляющей информации. Работающие в этом режиме *КВВ* называют *селекторными (СК)* и обеспечивают последовательную работу 256 внешних устройств.

В мультиплексном режиме *КВВ* может обслуживать одновременно несколько *ВУ*, выполняющих операции ввода-вывода. В этом режиме выполнение операций ввода-вывода разделяется на короткие интервалы времени, в каждом из которых между *КВВ* и *ВУ* передается только фрагмент данных определенной длины. Средства *КВВ*, необходимые для выполнения определенной операции ввода-вывода, связанные с одним *ВУ*, называются *подканалом*. Каналы, работающие в данном режиме, называются *мультиплексными (МК)* и обеспечивают работу 256 *ВУ*. Мультиплексные каналы могут работать и в монопольном режиме: последовательно с каждым из 256 *ВУ*. В квазиэлектронной АТС рассматриваемого типа используются два селекторных канала *СК*, работающие с максимальной скоростью передачи информации

800 кбайт/с, и один мультиплексный канал *МК* с общей пропускной способностью 40 кбайт/с. При работе этого канала в монопольном режиме его максимальная пропускная способность — 360 кбайт.

Устройство управления комплексом *УУК* предназначено для коммутации цепей, по которым передаются управляющие сигналы между *ЦПр*, *ППр* и *КВВ*; хранения информации о структуре и состоянии управляющего комплекса, режимах работы ЭУМ и контроля за информацией, поступающей от *ЦПр*, *ППр* и *КВВ*.

Внешние устройства *ВУ* управляющего комплекса состоят из накопителей на магнитном барабане *НМБ* с устройствами управления *УУНМБ*; накопителей на магнитной ленте *НМЛ* с устройствами управления *УУНМЛ*; телетайпа с устройствами управления *УУТ*; устройства передачи данных *УПД*; комплекса общего канала сигнализации *ОКС* при передаче данных. Устройства управления внешними устройствами *(УВУ)* преобразуют стандартный набор информационных и управляющих слов к виду, обеспечивающему управление работой конкретного внешнего устройства.

Общий канал сигнализации *ОКС* предназначен для передачи сигналов управления и контроля между квазиэлектронными АТС, УИВС и подстанциями. Формат каждого сообщения содержит данные о виде сигнала, номерах направления, номере той линии, которой принадлежит сигнал. В состав оборудования *ОКС* входят: устройство передачи сигналов *УПС*; устройство передачи сигналов низкого уровня *УПС—НУ*, устройство защиты от ошибок *УЗО*. Скорость передачи информации 2400 бит/с.

Все блоки и устройства управляющего комплекса дублированы для обеспечения требуемой надежности.

Управляющий комплекс имеет программное обеспечение *ПО*, которое содержит систему телефонных программ, операционную систему и внешнее программное обеспечение. Система телефонных программ содержит программы ввода-вывода, программы обслуживания вызовов и управляющие программы. Программы ввода-вывода обеспечивают опрос всех источников вызовов и постановку всех заявок на обслуживание. Программа вывода обеспечивает передачу команд в *ПУУ*. Управляющие программы осуществляют все действия по приему и передаче информации, необходимой в процессе установления соединения, а также все операции по установлению соединений. Операционная система осуществляет контроль и диагностику всего оборудования АТС, включая программное обеспечение, а также ввод-вывод с различных *ВУ* и возможность общения оператора с ЭУМ. Внешнее программное обеспечение содержит средства автоматизации программирования, систему логического моделирования и отладки.

В системе квазиэлектронных АТС предусматриваются широкое использование подстанций, управление установлением соединений на которых осуществляется управляющим устройством опорной станции. На подстанции (рис. 15.7) устанавливаются упрощенные управляющие устройства, которые взаимодействуют с

УУ опорной АТС через *ОКС*. Управляющее устройство подстанции состоит из периферийных управляющих устройств *ПУУ*, включающих в себя определитель абонентских линий *ОАЛ* и блоки включения коммутационных элементов *БВКС*, и управляющего устройства подстанции *УУПС*. Кроме того, на подстанции имеется устройство управления внешними устройствами и аппаратурой передачи данных *УВУ*. Аппаратура передачи данных *АПД* со-

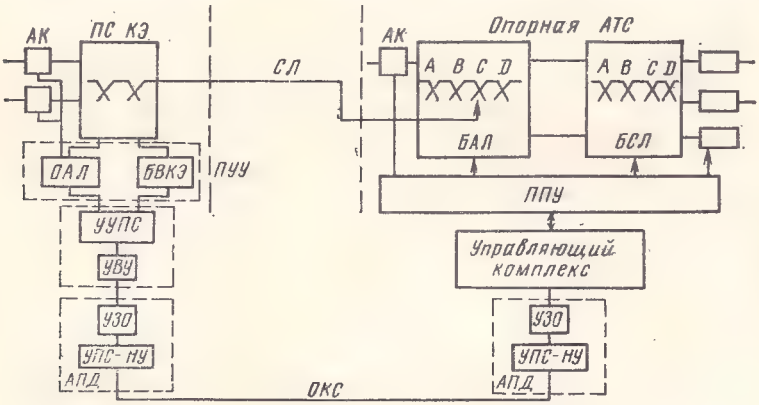


Рис. 15.7. Схема включения подстанции в опорную АТС

стоит из устройства защиты от ошибок *УЗО* и устройства преобразования сигналов низкого уровня *УПС—НУ*, связанного с общим каналом сигнализации *ОКС*. Информация о состоянии всех устройств подстанции хранится в *ЗУ* управляющего комплекса опорной АТС. На основании этой информации на опорной АТС определяются все координаты соединительного тракта на ПС и через *ОКС* выдаются в *УУПС* и далее в *ПУУ* подстанции.

Абонентам подстанции представляются такие же возможности при установлении соединений, как и абонентам опорной АТС.

Максимальная емкость подстанции составляет 2048 абонентских линий. Емкость может наращиваться блоками по 256 абонентских линий. При максимальной емкости подстанции количество соединительных линий к опорной АТС составляет 512. В опорную АТС максимально может быть включено пять подстанций, емкостью каждая до 2048 номеров. Все блоки управления на подстанции и *ОКС* — дублированы.

На сетях большой емкости, оборудованных КЭАТС, предполагается организация узлов исходящего и входящего сообщений *УИВС*, предназначенных для транзитных соединений между АТС. Узел строится из блоков входящих линий *БВЛ* и блоков исходящих линий *БИЛ*. Блоки могут иметь четырехпроводную или двухпроводную коммутацию разговорного тракта. На рис. 15.8 показана структурная схема *УИВС*. Принцип построения *ПУУ* и управляющего комплекса узла аналогичен *УУ* опорной АТС.

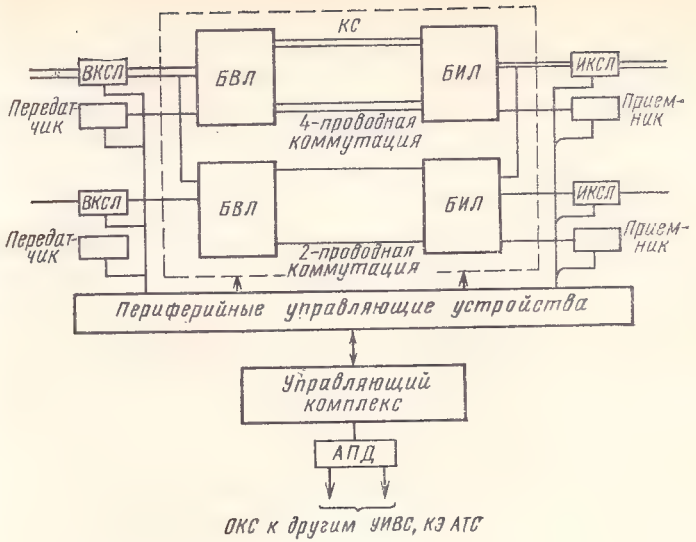


Рис. 15.8. Структурная схема *УИВС*

Процессы установления соединения

Внутристанционные соединения. Определение вызова. Снятие вызывающим абонентом микротелефонной трубки отмечается в соответствующем абонентском комплекте *АК* и в определителе абонентских линий *ОАЛ*, который периодически опрашивается со стороны *ЦУУ* в соответствии с программой. Запрос на установление соединения анализируется программой, в соответствии с которой определяются категория вызывающего абонента, тип его ТА (дисковый или кнопочный) и производится поиск соответствующего приемника набора номера *ПНН* (см. рис. 15.6). Затем определяется свободный соединительный путь от *АК* до *ПНН*. Для включения коммутационных элементов в точках коммутации выбранного соединительного пути необходимо сформировать команды на проверку и включение и передать в соответствующий *БВКЭ* периферийного управляющего устройства. В результате выполнения этих команд устанавливается соединение между *АК* и *ПНН* (рис. 15.9*а*), из которого абоненту посылается сигнал «Ответ станции». Абонент приступает к набору номера, который принимается и фиксируется в *ПНН*. В соответствии с программой приема и анализа цифр номера в *ОЗУ* подсчитываются импульсы набора, записывается и анализируется поступающая цифровая информация. Если в результате анализа выясняется, что соединение внутристанционное, то выбирается свободный соединительный путь между вызывающей и вызываемой абонентскими линиями. В этой же программе предусмотрен поиск свободного *ШК*. Далее выбираются свободный комплект

посылки вызова (*КПВ*) и комплект посылки вызывающему абоненту зуммерного сигнала «Контроль посылки вызова» (*КПЗ*), определяются свободные соединительные пути для подключения этих комплектов к абонентским линиям. Затем формируется команда на включение коммутационных элементов в точках коммутации, образующих эти пути, после чего вызываемому абоненту посылается сигнал «Посылка вызова», а вызывающему — «Контроль посылки вызова». Во время посылки этих сигналов соединительный путь *Аб.А—ШК—Аб.Б* не замкнут, однако информация о нем хранится в *ОЗУ* (рис. 15.9*б*).

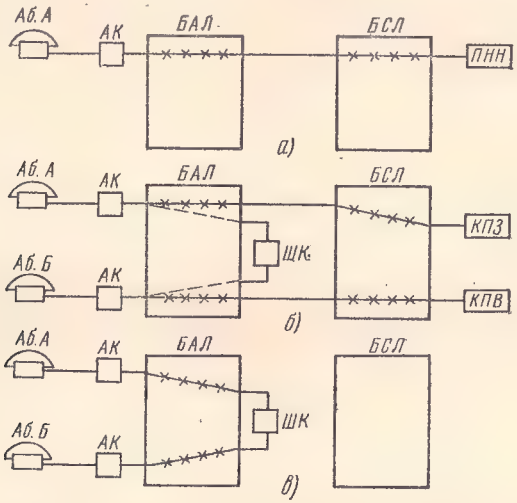


Рис. 15.9. Внутристанционное соединение:
а) определение вызова от абонента; *б)* посылка вызова; *в)* разговорное состояние

После получения от вызываемого абонента сигнала ответа, который воспринимается в комплекте *КПВ*, формируются команды на подключение *ШК* к абонентским линиям и образование разговорного тракта. При этом соединительные пути *Аб.А—КПЗ* и *Аб.Б—КПВ* размыкаются, а комплекты освобождаются (рис. 15.9*в*). Питание микрофонов ТА абонентов осуществляет *ШК*, который контролирует состояние АЛ и воспринимает сигнал отбоя.

Исходящее соединение. При установлении исходящего соединения первый этап — подключение линии абонента к *ПНН* и набор номера осуществляются аналогично выше описанному. В результате анализа набранного номера определяются направление к другой станции и ее код, а также выбирается свободный комплект исходящей соединительной линии *ИКСЛ* в выбранном направлении. Далее отыскивается свободный соединительный путь между линией вызывающего абонента и выбранным *ИКСЛ*. Координаты объектов выбранного соединительного пути записыва-

ются в *ОЗУ*. Далее отыскивается соответствующий коду станции частотный (*ЧПП*) или батарейный (*БПер*) передатчик и устанавливается соединительный путь между выбранным передатчиком и *ИКСЛ* (рис. 15.10*а*). После этого на встречную станцию переда-

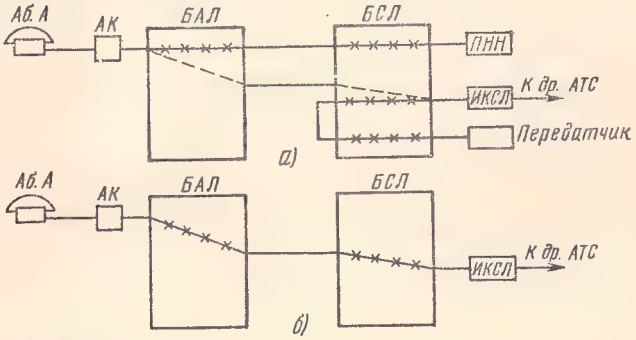


Рис. 15.10. Исходящее соединение:
а) определение вызова, прием и передача цифровой информации; *б)* разговорное состояние

ется цифровая и управляющая информация по исходящей линии под управлением программы передачи цифровой информации и сигналов управления. После передачи всех сигналов на встречную станцию и приема сигнала «Ответ абонента» размыкаются соединительные пути: *Аб.А—ПНН, ИКСЛ*—передатчик и замыкается соединительный путь *Аб.А—ИКСЛ* (координаты которого хранились в *ОЗУ*), благодаря чему устанавливается разговорное состояние (рис. 15.10*б*). Состояние линий вызывающего и вызываемого абонентов контролируется в *ИКСЛ*.

Входящее соединение. Сигнал входящего вызова с другой АТС воспринимается в комплекты входящей соединительной линии *ВКСЛ*, которые периодически опрашиваются в соответствии с программой опроса. В результате анализа принятого сигнала определяется тип АТС, с которой получен сигнал занятия. Если это АТС координатного типа, то выбирается свободный частотный приемник *ЧПП* и устанавливается соединительный путь *ВКСЛ—ЧПП* (рис. 15.11*а*). В случае поступления сигнала занятия от АТСДШ такой путь устанавливать не надо, так как цифры набора номера принимаются непосредственно в *ВКСЛ*. После приема всех сигналов, необходимых для установления соединения, программа обработки вызова анализирует их. Если установлено, что соединение направлено к абоненту данной опорной АТС, то необходимо определить номер вызываемого абонента и место его включения в *БАЛ*. Затем выбирается свободный соединительный путь между линией вызываемого абонента и *ВКСЛ* и координаты этого пути записываются в *ОЗУ*. После этого выбирают-

ся свободные комплекты *КПЗ* и *КПВ*, проверяется наличие свободных соединительных путей между линией вызываемого абонента и *КПВ* и между *ВКСЛ* и *КПЗ* для посылки соответствующих сигналов в ТА абонентов (рис. 15.11*б*). Как только вызывае-

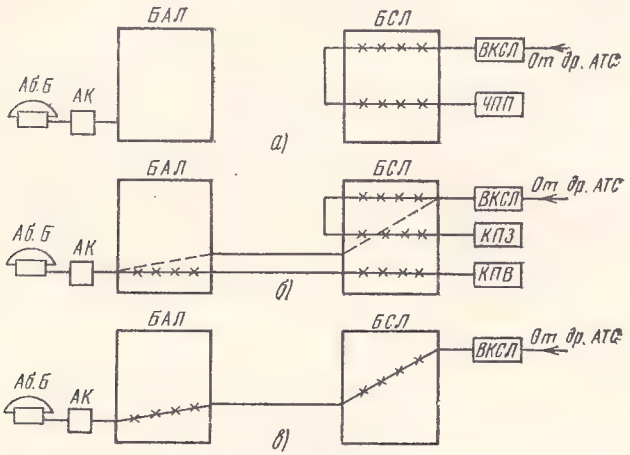


Рис. 15.11. Входящее соединение

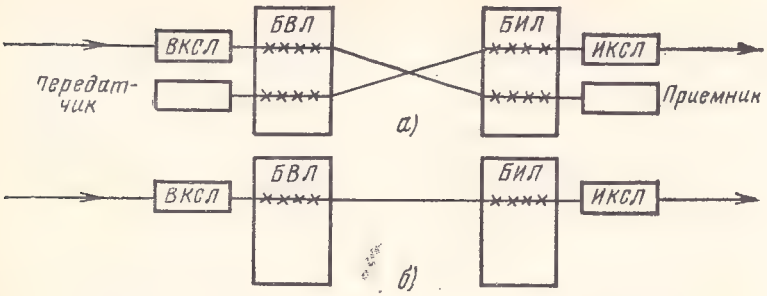


Рис. 15.12. Транзитное соединение:
а) прием и передача; *б)* разговорное состояние

мый абонент ответит, что отмечается в *КПВ*, соединительные пути абонентская линия—*КПВ* и *ВКСЛ*—*КПЗ*, а также комплекты *КПВ* и *КПЗ* освобождаются. После этого выбирается соединительный путь между линией вызываемого абонента и *ВКСЛ* (рис. 15.11*в*) и устанавливается разговорное состояние. Состояние линий абонентов контролируется в *ВКСЛ*.

Транзитное соединение. В процессе установления соединения *ВКСЛ* периодически опрашивается. Как только будет обнаружен сигнал занятия по входящей линии, образуется соединительный путь *ВКСЛ*—приемник (рис. 15.12*а*). Приемник производит прием цифровой информации. Затем эта информация посту-

пает в *ОЗУ* ЭУМ. В соответствии с принятой информацией определяются направление и свободный *ИКСЛ* в этом направлении, а также соединительный путь от *ВКСЛ* к *ИКСЛ*, координаты которого запоминаются в *ОЗУ*. Затем устанавливается соединительный путь от передатчика к *ИКСЛ*. После передачи информации образуется соединительный путь между *ВКСЛ* и *ИКСЛ*.

На АТС состояние линий, между которыми установлено соединение, контролируется *ШК* при внутристанционных соединениях и комплектами соединительных линий при исходящих, входящих и транзитных соединениях. Для того чтобы выявить сигнал отбоя, поступивший от одного из разговорных абонентов, в *УУ* устанавливается специальный определитель сигналов отбоя ($О_{отб}$) (см. рис. 15.6). Этот определитель периодически опрашивает *ШК*, *ВКСЛ* и *ИКСЛ*. При появлении сигнала отбоя в одном из комплектов $О_{отб}$ определяет номер этого комплекта и выдает в центральный процессор запрос на выполнение программы отбоя. Назначение этой программы состоит в том, чтобы отметить в *ЗУ* ЭУМ свободными те объекты коммутационной системы, которые были заняты в данном соединении.

Контроль за состоянием оборудования

Квазиэлектронные АТС работают в реальном масштабе времени и не могут иметь перерыва в своей работе. Поэтому к надежности оборудования АТС предъявляются жесткие требования. Интенсивность отказов, приводящих к прекращению хотя бы одного из видов связи для одного источника нагрузки, должна быть 10^{-4}—10^{-5} отк/ч, а суммарное время простоя для всех источников нагрузки должно быть не более двух часов в течение срока службы.

Такие высокие требования по надежности и полная централизация управления требуют быстрой локализации отказавших приборов. Поэтому в состав программного обеспечения входят контрольные программы, обеспечивающие выключение поврежденных приборов на время устранения повреждения, и диагностические программы, которые способствуют сокращению времени обнаружения повреждений и своевременному выяснению неисправного оборудования.

Система контроля и диагностики оборудования КЭАТС представляет собой совокупность программных и аппаратурных средств, обеспечивающих своевременное обнаружение неисправностей, блокировку и выключение неисправного оборудования, определение места и характера повреждения. Предусматривается оперативный и тестовый контроль. *Оперативный контроль* предусматривается двух видов: оперативный аппаратный контроль правильности работы оборудования и оперативный контроль выполнения управляющих программ. Аппаратный контроль проверяет состояние оборудования непрерывно в течение всего времени функционирования, обнаруживает неисправность в момент ее

возникновения, осуществляет диагностический доступ к неисправным устройствам. Оперативный контроль выполнения управляющих программ в процессе установления соединения заключается в использовании программных и логических методов контроля. Программный контроль основан на контроле длительности выполнения отдельных операций и предупреждения «зацикливания» программ. Логический контроль заложен в самих управляющих программах и предусматривает выполнение определенных условий.

Тестовый контроль осуществляется в отдельные промежутки времени, задаваемые программой временно́го расписания, заявкой оператора или программой оперативного контроля. Тестовый контроль позволяет обнаружить неисправности, которые не выявлены средствами оперативного контроля, определить место повреждения, локализовать место неисправности, восстановить работоспособность оборудования, проверить контролируемое оборудование. Результаты диагностики выдаются обслуживающему персоналу в виде записи на ленте для устранения неисправностей. Ремонт оборудования, как правило, производится путем замены неисправного типового элемента замены *(ТЭЗ)*. После каждой замены по заявке оператора выполняется тест, определяющий правильность функционирования устройства и указывающий на место неисправности, если она не устранена.

В осуществлении функций управления и технического обслуживания участвует система программного обеспечения. Программа технического обслуживания записывается в *ЗУ* (накопитель) на магнитном барабане, эти данные переносятся в *ОЗУ* по мере необходимости. Основной функцией технического обслуживания является контроль состояния оборудования АТС. При выполнении программы технического обслуживания данные о состоянии различных устройств АТС печатаются телетайпом и выдаются по мере поступления запросов от обслуживающего персонала.

15.3. КВАЗИЭЛЕКТРОННАЯ АТС С ЗАМОНТИРОВАННОЙ ПРОГРАММОЙ

Структура коммутационной системы

Оборудование КЭАТС с замонтированной программой, эскизный проект который разработан МЭИС, предназначено для построения опорных автоматических телефонных станций средней емкости, используемых на нерайонированных и районированных сетях с узлообразованием и без узлообразования, и рассчитано на совместную работу с АТС, действующими на городских телефонных сетях в настоящее время. Емкость опорной АТС составляет 8000 номеров с предельной нагрузкой 0,175 Эрл на абонентскую линию.

Структурная схема КЭАТС с замонтированной программой приведена на рис. 15.13. Используемые в КЭАТС регистры являются универсальными и обслуживают все виды соединений. При связи с однотипными и координатными АТС регистры выдают и принимают информацию многочастотным способом. При связи с

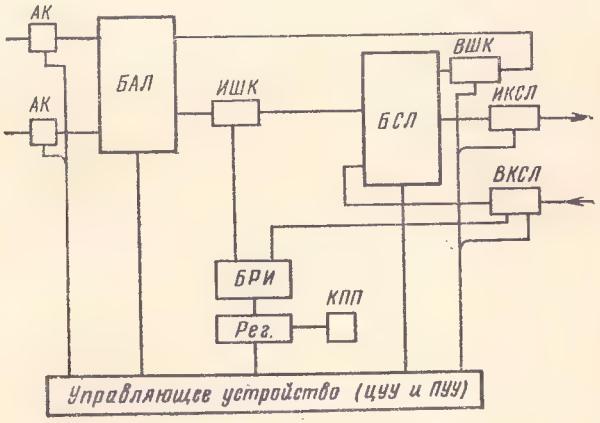


Рис. 15.13. Структурная схема КЭАТС с замонтированной программой

декадно-шаговыми АТС регистры принимают и выдают декадные импульсы набора номера батарейным способом. Питание микрофонов телефонных аппаратов абонентов КЭАТС осуществляется из исходящих и входящих шнуровых комплектов (*ИШК* и *ВШК*). Электрические параметры абонентских и соединительных линий такие же, как для КЭАТС с записанной программой (см. табл. 15.1).

При построении коммутационной системы используются герконовые соединители 8×8 с трехпроводной коммутацией и электрическим удержанием.

В квазиэлектронной АТС используются следующие трехзвенные блоки: блок абонентских линий *БАЛ* с параметрами 2048×1024×512×512; блок соединительных линий *БСЛ* с параметрами 512×512×512×512; блок регистрового искания *БРИ* с параметрами 512×256×128×64. Концентрация телефонной нагрузки в КЭАТС осуществляется блоками *БАЛ*, а блоки *БСЛ* смешивают нагрузки от различных блоков *БАЛ* и распределяют ее по направлениям. Таким образом, блоки *БАЛ* строятся с концентрацией, а блоки *БСЛ* без концентрации и расширения.

Развитие емкости АТС осуществляется за счет установки требуемого количества блоков *БАЛ* и *БСЛ*. Квазиэлектронная АТС средней емкости строится таким образом, что каждому блоку *БАЛ* соответствуют один блок *БСЛ* и один блок *БРИ*. Входы и выходы *БСЛ* разделены на две группы. В первую группу входов

включаются исходящие шнуровые комплекты *ИШК* от каждого блока *БАЛ*. Следовательно, эта группа входов при емкости АТС 2048 номеров используется для включения 256 *ИШК* от одного блока *БАЛ*. При емкости АТС 4096 номеров в первую группу входов каждого из двух *БСЛ* включается также 256 комплектов *ИШК* по 128 из каждого блока *БАЛ* и т. д.

Во вторую группу входов блока *БСЛ* включается 256 входящих соединительных линий. При увеличении емкости АТС пропорционально увеличивается количество входящих соединительных линий *ВСЛ*. При емкости 8192 номеров возможно включение до 1024 *ВСЛ*.

Входы блока *БРИ* также разделены на две группы. В первую группу входов включаются *ИШК*, а во вторую группу входов — комплекты входящих соединительных линий. При емкости АТС 2048 номеров во входы блока *БРИ* включаются 256 *ИШК* и 256 *ВКСЛ*. При увеличении емкости АТС это количество комплектов соответственно увеличивается.

В первую группу выходов блока *БСЛ* включаются входящие шнуровые комплекты *ВШК*. Эта группа выходов разбивается на направления по числу блоков *БАЛ*. Количество *ВШК* между одним *БСЛ* и *БАЛ* в зависимости от емкости *АТС* изменяется от 256 при $N=2048$ до 64 при $N=8192$.

Во вторую группу выходов *БСЛ* включаются исходящие соединительные линии ИСЛ. Эта группа выходов допускает образование 32 направлений по 8 выходов в каждом. Количество направлений ограничено общим числом выходов *БСЛ*.

Параметры коммутационной системы *(КС)* рассчитаны таким образом, чтобы получить использование соединительных линий и приборов КЭАТС близким к использованию их в полнодоступных пучках. Полученные параметры блоков *БАЛ, БСЛ* и *БРИ* обеспечивают использование промежуточных линий, равное 0,7.

Структура управляющего устройства

Управляющее устройство в КЭАТС является централизованным, программным. По способу записи программы оно представляет *УУ* с замонтированной программой, при котором процесс установления соединения определяется схемной (замонтированной) логикой, и программа работы АТС не записывается в запоминающих устройствах, а выполняется за счет определенных соединений между различными узлами программного устройства. Оборудование управляющего устройства делится на две основные части: периферийное и центральное (рис. 15.14). Периферийное оборудование, образующее периферийные управляющие устройства *(ПУУ)*, включает в себя блоки, непосредственно связанные с коммутационной системой, линейными и станционными комплектами, регистрами. Периферийные управляющие устройства обслуживают, как правило, часть коммутационного оборудования и предназначены для передачи сигналов управления и информации

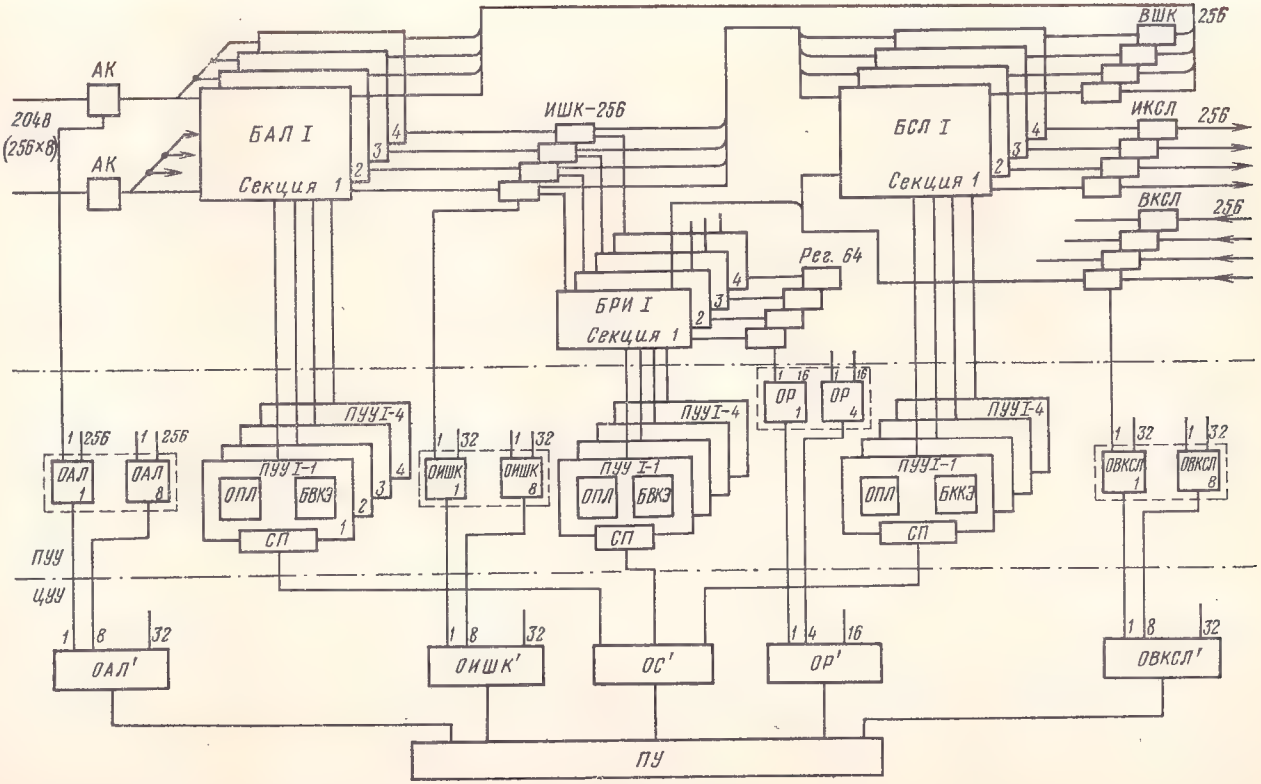


Рис. 15.14. Структурная схема *УУ* с замонтированной программой

о состоянии коммутационной системы *КС* между центральными управляющими блоками и *КС*. Кроме того, *ПУУ* выполняют функции согласования по частоте следования и мощности сигналов управления и взаимодействия между *КС* и центральными блоками.

В состав *ПУУ* КЭАТС входят определители объектов *КС* (входов, выходов, промежуточных линий): определители абонентских линий *ОАЛ;* определители промежуточных линий *ОПЛ;* определители комплектов соединительных линий *ОИКСЛ (ОВКСЛ);* определители регистров *ОР;* блоки включения коммутационных элементов *БВКЭ* и схемы подключения *СП*.

Для повышения надежности работы периферийных *УУ* используется блочный способ их построения. При этом периферийные блоки, с точки зрения обслуживания ими входов одного коммутационного блока, делятся на два типа. К первому относятся определители входов и выходов *КС,* состоящие из нескольких независимых блоков, каждый из которых обслуживает входы и выходы только одного коммутационного блока. Так, в блоке *БАЛ* емкостью 2048 линий определитель абонентских линий состоит из восьми определителей, каждый из которых обслуживает 256 линий. Номер блока емкостью 256 линий определяется с помощью общестанционного определителя *ОАЛ'* на 32 состояния. Определитель входящих линий *ОВКСЛ* состоит из восьми определителей, каждый из которых обслуживает группу из 32 *ВСЛ*. Номер группы *ВКСЛ* определяется с помощью общестанционного определителя *ОВКСЛ'* на 32 состояния.

Периферийные блоки второго типа представляют блоки, обслуживающие все входы коммутационной системы, при этом каждый блок обслуживает только часть оборудования *КС*. К ним относятся: секционные определители промежуточных линий и выходов *ОПЛ,* осуществляющие обусловленное искание соединительного пути между заданными входом и выходом коммутационной системы в пределах одной секции; секционные блоки включения коммутационных элементов *БВКЭ,* предназначенные для включения герконовых реле разговорного тракта при установлении соединения в пределах одной секции. На рис. 15.14 показано периферийное оборудование для АТС емкостью 2048 номеров.

Секционный способ построения периферийных *УУ* заключается в следующем. В коммутационной системе выделяется часть коммутационного оборудования (секция), связанная только с одной или несколькими из m_1 промежуточных линий между звеньями *А* и *В*. Любому входу коммутационной системы оказываются доступными m_1 или меньшее число секций. Коммутационное оборудование разных секций не связано между собой, и так как для каждой секции выделено свое периферийное *УУ*, то *УУ* КЭАТС представляет собой m_1 независимых периферийных *УУ*, каждое из которых управляет только частью коммутационного оборудования. В этом случае выход из строя периферийного *УУ* одной секции не нару-

шает работу всей АТС, а только ухудшает качество обслуживания соединений, увеличивая вероятность потерь в ЧНН.

При поступлении вызова на вход того или иного коммутационного блока его определитель отыскивает вход, по которому поступил вызов, и выдает сигнал запроса в программное устройство. Соединительный путь между заданными входом и выходом выбирается одновременно всеми секционными определителями. Программное устройство выбирает одну из секций и выдает сигнал на включение коммутационных элементов в *БВКЭ*.

Периферийные управляющие устройства работают независимо друг от друга под действием сигналов, поступающих из центральных устройств. При развитии емкости АТС одновременно устанавливаются коммутационные блоки и их периферийные управляющие устройства. Такое построение дает возможность избежать установки избыточного оборудования *УУ* при неполной емкости АТС и в то же время сохранить принцип централизованного управления.

Разделение коммутационного оборудования на секции и наличие в соответствии с этим секционных периферийных *ПУУ*, а также выделение в определителях входов и выходов *КС* блоков, обслуживающих линии только одного блока, позволяют повысить надежность работы *УУ*, так как, во-первых, при выходе из строя *УУ* одной секции работа всей станции не нарушается, а только ухудшается качество обслуживания соединения; во-вторых, при выходе из строя определителя входов одного из блоков лишаются связи только те входы, которые включены в данный блок.

К блокам центрального управляющего устройства относятся: определитель номера блока абонентских линий *ОАЛ'*, предназначенный для выбора определителя входов данного блока; определитель номера блока входящих комплектов соединительных линий *ОВКСЛ*, предназначенный для выбора определителя входов данного блока; определитель блока *ИШК ОИШК;* определитель номера блока регистров *ОР'*; определитель номера секции *ОС'*, обеспечивающий выбор одной секции для установления данного соединения; программное устройство *ПУ*, управляющее работой всех блоков по замонтированной программе. На рис. 15.14 состав оборудования *ЦУУ* приведен для АТС емкостью 8000 номеров.

Поскольку центральные блоки являются общими для всей станции, для обеспечения надежной работы *УУ* они резервируются. Основные и резервные блоки могут переключаться после каждого соединения, а также при невозможности установления соединения за отведенное для этого время вследствие неисправности в одном из блоков.

Процессы установления соединений

Абонентам КЭАТС представляются следующие основные виды связи: внутренняя связь между абонентами своей станции; исходящая связь к абонентам других станций в пределах местной се-

ти; входящая автоматическая международная, междугородная и внутризоновая связь; исходящая полуавтоматическая международная, междугородная и внутризоновая связь; исходящая связь к вспомогательным и справочно-информационным службам.

Все виды соединений устанавливаются в два этапа:

1) внутристанционное соединение:

подключение линии вызывающего абонента через блок *БАЛ* к *ИШК* и *ИШК* через блок *БРИ* к свободному и доступному регистру;

подключение *ИШК* через блоки *БСЛ* и *БАЛ* к линии вызываемого абонента; в межблочные линии между *БСЛ* и *БАЛ* включены ВШК;

2) исходящее соединение:

подключение линии вызывающего абонента через блок *БАЛ* к *ИШК* и *ИШК* через блок *БРИ* к регистру;

подключение *ИШК* через блок *БСЛ* к исходящему комплекту соединительных линий *ИКСЛ;*

3) входящее соединение:

подключение входящего комплекта соединительной линии к *ВКСЛ* через блок *БРИ* к регистру;

подключение *ВКСЛ* через блоки *БСЛ* и *БАЛ* к линии вызываемого абонента.

Установление соединений в два этапа позволяет существенно уменьшить нагрузку на управляющее устройство *УУ* и, следовательно, снизить требования к его быстродействию.

Абонентам КЭАТС предоставляются следующие дополнительные виды обслуживания *(ДВО)*.

1. Сокращенный набор номера наиболее часто вызываемых абонентов сети. Этот вид обслуживания применяется для кнопочных телефонных аппаратов. Сокращенный номер, набираемый абонентом, пересчитывается приборами АТС в полный номер абонента, и устанавливается соответствующее соединение.

2. Сопровождающий вызов предоставляется абонентом КЭАТС только при внутристанционной связи и позволяет направлять вызовы, поступающие на аппарат отсутствующего абонента, на другой телефонный аппарат, где в данный момент находится вызываемый абонент.

3. Автоматическое отключение телефонного аппарата. Этот вид обслуживания позволяет предотвратить на некоторое время поступление входящих вызовов к абоненту. При этом входящие вызовы к абоненту, у которого отключен телефонный аппарат, не поступают, но для абонента сохраняется право пользования исходящей связью.

4. Передача входящих вызовов на бюро поручений. Этот вид услуги позволяет направить входящие вызовы на бюро поручений на время отсутствия абонента. Телефонистка бюро поручений при-

нимает поручение от абонента и сообщает ему свой номер. Для отказа от этой услуги абонент должен набрать код отказа.

5. Автоматическая передача вызова на другой телефонный аппарат при занятости вызываемого абонента. Этот вид обслуживания предоставляется отдельным абонентам учреждений, линии которых включены в КЭАТС, и позволяет автоматически переключать вызов на первый свободный номер списка при занятости вызываемого абонента. В списке может быть до пяти номеров. Если первый абонент списка занят, то осуществляется проба линии следующего по списку абонента. Если нет ни одного свободного абонента в списке, вызывающему абоненту посылается зуммер «Занято». Абоненты, находящиеся в списке, не должны иметь права на передачу вызова на другой номер.

6. Конференц-связь. Этот вид услуг организуется в пределах одной станции. Количество участников — 3—4 человека. После набора абонентом — организатором совещания — кода услуги конференц-связи и номеров участников совещания *УУ* КЭАТС подключает линию абонента — организатора совещания — последовательно к линиям абонентов — участников совещания — через комплект конференц-связи *ККС*. Освобождение комплекта *ККС* и нарушение конференц-связи осуществляются после отбоя абонента — организатора совещания. Если во время совещания один из участников повесит микротелефонную трубку, то *УУ* освобождает линию этого абонента, не нарушая конференц-связи.

В качестве основной элементной базы в управляющем оборудовании КЭАТС используются интегральные микросхемы (ИМС) серии 155, в настоящее время состоящей из 14 модификаций. Использование ИМС для построения *УУ* позволяет уменьшить массу, габариты и потребляемую мощность оборудования, повысить его надежность. Кроме того, применяются транзисторы и полупроводниковые диоды. Поскольку функционирование системы во многом определяется надежностью применяемых элементов, используются кремниевые полупроводниковые приборы, имеющие более высокую устойчивость к тепловым воздействиям. Для построения схем комплектов соединительных линий используются герконовые реле. Напряжение питания 60 В ±10% КЭАТС получает от аккумуляторной батареи, работающей в буферном режиме с выпрямительными устройствами. От аккумуляторной батареи напряжение 60 В подается на шины питания и на стативы коммутационного оборудования. Для питания устройств аппаратуры коммутационного и управляющего оборудования требуются пониженные градации напряжений, поэтому на стативах устанавливаются вторичные источники питания ВИП, преобразующие постоянное напряжение 60 В в постоянное стабилизированное напряжение меньшей величины. Установка ВИП на стативах совместно с питаемой аппаратурой обусловлена уменьшением в этом случае падения напряжения на подводящих проводах и, следовательно, улучшением стабилизации выходного напряжения ВИП.

15.4. ЭЛЕКТРОННЫЕ АТС

В настоящее время ведутся большие исследовательские работы по созданию электронных АТС и электронных станций для коммутации телеграфных каналов. В разработках наметилось два направления создания ЭАТС и станций абонентского телеграфа: с пространственным и импульсно-временны́м разделением каналов. Основная трудность в создании электронных АТС с пространственным разделением каналов заключается в отсутствии высоконадежного, обладающего требуемым качеством, дешевого электронного контакта, способного конкурировать по своим технико-экономическим показателям с электромеханическими и герконовыми контактами. По этой причине в данное время имеются АТС с пространственным разделением каналов сравнительно небольшой емкости (100—300 абонентских линий), которые используются в основном для внутренней связи предприятий и учреждений

Принципы построения коммутационных систем и управляющих устройств электронных АТС с пространственным разделением каналов такие же, как в квазиэлектронных АТС. Однако следует учитывать, что электронный контакт для коммутации разговорного тракта по своим электрическим параметрам уступает герконовому контакту, поэтому его параметры накладывают ограничения на емкость АТС. Чем выше качество контакта, тем бо́льшую емкость может иметь ЭАТС. В электронной АТС с импульсно-временны́м разделением каналов элементы коммутационной системы работают в режимах разных временны́х каналов, что позволяет одновремено устанавливать несколько соединений через одни и те же коммутационные элементы. Это приводит к повышению использования коммутационной системы, а следовательно, к улучшению ее экономических показателей при сохранении требуемого качества тракта передачи информации.

Рассмотрим экспериментальную электронную АТС на 100 номеров с импульсно-временны́м способом разделения каналов, разработанную ЛОНИИС. Станция предназначена для внутренней связи 100 абонентов по десяти станционным (шнуровым) каналам. Каждому каналу присваивается импульсная серия в определенном временно́м положении, которая вырабатывается общестанционным импульсным генератором. С помощью электронных конта́ктов *ЭК* все абонентские линии получают выход на общестанционный импульсный тракт ОИТ. Соединение двух абонентских линий для обеспечения телефонного переговора осуществляется при синхронном замыкании их *ЭК* в одном из 10 временны́х положений. Предоставленный для соединения канал (импульсная серия) считается занятым и не может быть использован для другого соединения. Для управления установлением соединения на станции предусмотрено управляющее устройство, а для приема импульсов набора номера — регистры. На станции использован обходный принцип установления соединения.

Структурная схема электронной АТС с импульсно-временны́м способом разделения каналов представлена на рис. 15.15. В состав ее входят: абонентские комплекты *АК;* общестанционный импульсный генератор *ОИГ;* определитель абонентских линий *ОАЛ;* искатель свободных каналов *ИСК;* запоминающие устройства *ЗУ—А* и *ЗУ—Б;* комплекты каналов *КК* с I по X; пробное устройство *ПУ;* сигнально-вызывное устройство *СВУ* и блок питания *БП.* Все узлы, представленные на рис. 15.15, кроме абонентских комплектов, являются общестанционными и рассчитаны на полную емкость станции. Рассмотрим назначение и принцип действия отдельных узлов ЭАТС.

Общестанционный импульсный генератор ОИГ представляет собой источник десяти импульсных серий, следующих с частотой $f_{1-10}=8$ кГц и сдвинутых по времени одна относительно другой. Период следования импульсов каждого канала $T=125$ мкс. Время, отводимое на один канал, $T/n=125/10=12{,}5$ мкс, где n — число каналов. Длительность импульса принята $\tau_и=10$ мкс, длительность защитной паузы $t_з=2{,}5$ мкс.

Генератор имеет десять отдельных выходных зажимов, с которых снимаются десять импульсных серий, и один общий выход, на который поступают все эти серии.

Абонентские комплекты *АК* соединяют абонентские линии со станционными устройствами. В состав *АК* входят: устройства разговорного тракта, преобразующие токи разговорной частоты в амплитудно-импульсномодулированный сигнал общестанционного импульсного тракта; импульсные модуляторы и демодуляторы, а также электронные контакты *ЭК.* Кроме того, в *АК* имеются: ряд коммутационных устройств, предназначенных для передачи сигналов из *СВУ;* ретрансляции импульсов набора номера в регистр; передачи сигналов в абонентский определитель и в пробное устройство; подачи сигналов отбоя; приема сигналов из запоминающих устройств *ЗУ—А* и *ЗУ—Б.*

Определитель абонентских линий ОАЛ принимает сигнал вызова от вызывающего абонента и передает информацию о его номере и о временно́м положении канала, предоставленного для соединения, в запоминающее устройство *ЗУ—А.*

Определитель *ОАЛ* представляет собой матрицу из 100 схем совпадения, каждая из которых связана с соответствующим абонентским комплектом и выходами определителей десятков и единиц. Определители представляют собой триггерные двоичные счетные схемы с дешифраторами на 10 выходов каждый. Работают они от общестанционного импульсного генератора через делитель частоты. Непрерывная работа определителей обеспечивает поочередное опробование всех схем совпадения матрицы. Полный цикл опробования составляет 100 мс.

Определитель абонентских линий имеет общий вход, связанный с искателем свободных каналов *ИСК,* куда поступает серия импульсов одного из свободных каналов. Этими импульсами под-

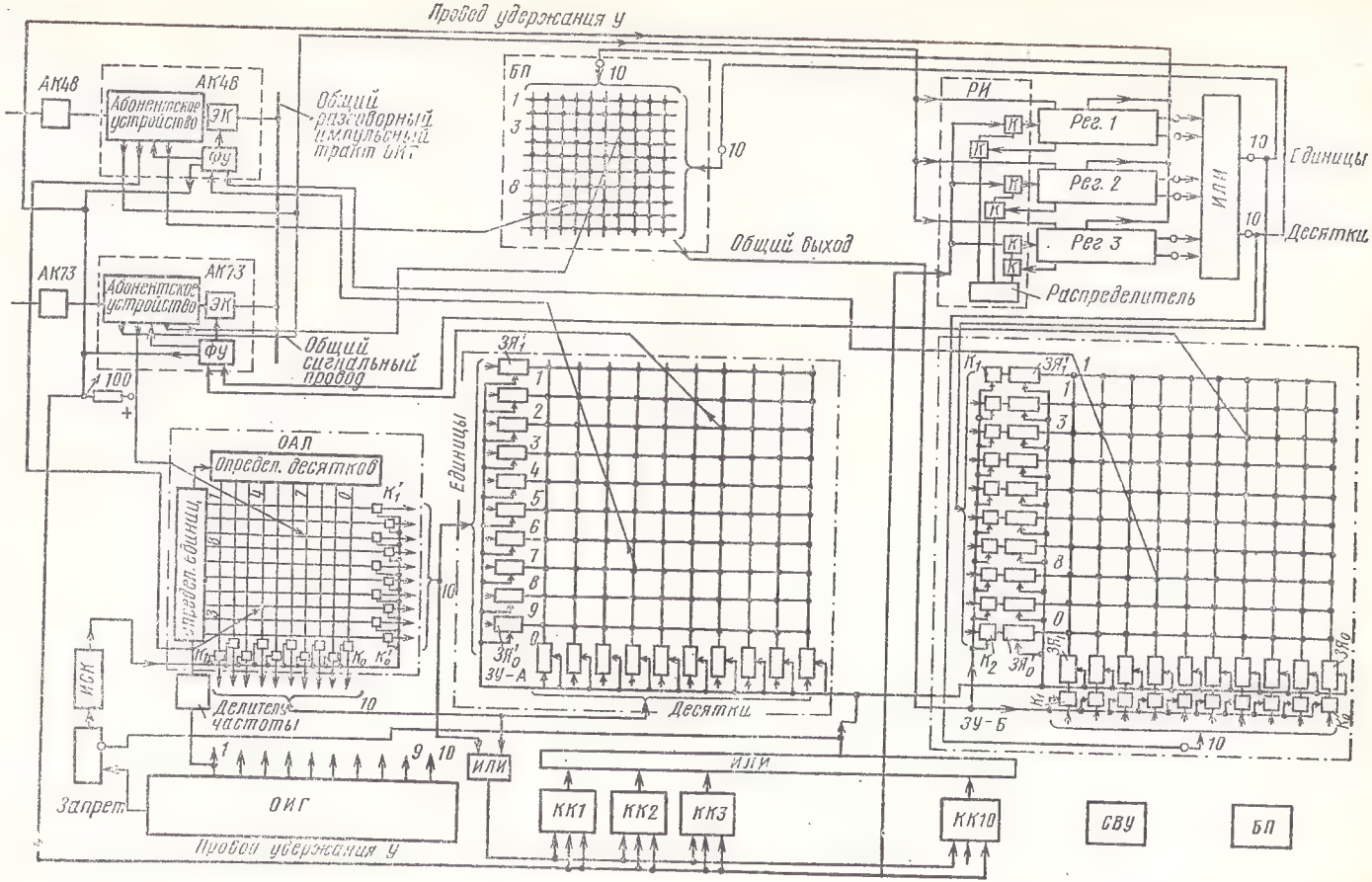


Рис. 15.15. Структурная схема ЭАТС с импульсно-временны́м способом разделения каналов

готавливаются к открытию клапаны K_1—K_0 и K'_1—K'_0 во временно́й позиции данного канала.

В момент совпадения сигналов вызова из *АК* и опробования определителем схемы совпадения, соответствующей номеру данного *АК*, открываются клапаны определителя, соответствующие цифрам десятков и единиц абонентского номера. Благодаря этому информация о номере вызывающего абонента во временно́й позиции свободного канала поступает на запоминающие ячейки *ЗЯ* запоминающего устройства *ЗУ—А*. После передачи информации в *ЗУ—А* определитель вызова будет опробовать другие схемы совпадения, а на его вход поступит серия импульсов следующего свободного канала. Следовательно, он поочередно предоставляет для соединения свободные каналы вызывающим абонентам.

Искатель свободных каналов ИСК предназначен для выбора свободного временно́го канала (свободной серии импульсов). На вход искателя через схему Запрет поступают импульсы от общего выхода общестанционного импульсного генератора. На входе *ИСК* будут присутствовать все серии, если ни один из каналов не занят. В случае занятости какого-либо канала серия импульсов соответствующего занятого канала поступает на второй вход схемы Запрет, благодаря чему эта серия снимается с входа *ИСК*. На выходе *ИСК* выдается в данный момент только одна свободная серия. Следовательно, только один канал подготовляется для соединения. Как только эта серия (канал) будет занята, она одновременно будет снята с входа *ИСК*, на выходе которого автоматически появится следующая свободная серия (канал).

Если во время поступления вызова от абонента все каналы будут заняты, то ему посылается сигнал «Занято» из абонентского комплекта.

Комплект канала КК предназначен для удержания данной серии импульсов (канала) на протяжении времени установления соединения и разговора абонентов. Каждый комплект работает только в одном из временны́х положений в соответствии с присвоенной ему серией импульсов. На выходе комплекта канала присвоенная ему серия импульсов появляется только в том случае, если такая же серия имеется на общем для всех комплектов входе. Комплект удерживается по проводу удержания *У*, на котором будет присутствовать серия данного канала в течение всего времени установления соединения и разговора. С выхода *КК* серия импульсов данного канала поступает на запоминающие устройства *ЗУ—А* и *ЗУ—Б*.

Комплект канала освобождается после исчезновения серии на проводе удержания, что имеет место при отбое со стороны абонента, или при освобождении регистра в случае занятости линии вызываемого абонента. После освобождения *КК* на его выходе исчезает импульсная серия, что приводит к выключению соответствующих запоминающих ячеек в *ЗУ—А* и *ЗУ—Б* и закрытию *ЭК* в абонентских комплектах, т. е. к разъединению соединения.

Запоминающие устройства ЗУ—А и *ЗУ—Б* предназначены для запоминания информации о номере линии вызывающего *(ЗУ—А)* и вызываемого *(ЗУ—Б)* абонентов, а также о временном положении импульсной серии (канала), предоставленной для соединения.

Основным их элементом являются запоминающие ячейки *ЗЯ* десятков и единиц абонентского номера, выходы которых образуют матрицу из 100 схем совпадения. Выход каждой схемы совпадения связан с абонентским комплектом. Каждая запоминающая ячейка способна запоминать серию импульсов одного или одновременно нескольких каналов. Запоминающие ячейки, соответствующие номеру линии вызывающего абонента, включаются в момент поступления из определителя вызова импульсной серии этого канала. Получив на входе серию импульсов, запоминающая ячейка автоматически выдает эту серию со своего выхода и удерживается во временно́й позиции соответствующего канала сигналом из комплекта данного канала. После включения ячеек десятков и единиц в матрице *ЗУ—А* работает схема совпадения, которая обеспечивает выдачу серии импульсов этого канала на *ЭК* абонентского комплекта, благодаря чему линия абонента подключается к общестанционному импульсному тракту *ОИТ*.

Запоминающие ячейки в *ЗУ—Б* управляются сигналом из регистра через клапаны $К_1$—$К_0$ и $К'_1$—$К'_0$. Эти клапаны пропустят информацию из регистра только в том случае, если линия вызываемого абонента свободна, о чем свидетельствует сигнал на входе клапанов из пробного устройства *ПУ*. В остальном работа *ЗУ—Б* аналогична работе *ЗУ—А*. Запоминающее устройство *ЗУ—Б* обеспечивает выдачу серии импульсов канала, который предоставлен для соединения, в *АК* вызываемого абонента. Выключение запоминающих ячеек в *ЗУ—А* и *ЗУ—Б* происходит после освобождения канала.

Регистры Рег предназначены для приема информации о номере вызываемого абонента и запоминания на некоторое время временно́го положения канала.

Блок регистров состоит из регистрового искателя, трех регистров и схемы типа ИЛИ. Регистровый искатель обеспечивает одновременно занятие от одной и той же серии (канала) только одного регистра и блокировку его на время установления соединения. Регистр принимает импульсы набора номера и выдает предоставленную ему импульсную серию на два из 20 выходов схемы ИЛИ, что является информацией о номере десятков и единиц линии вызываемого абонента. Эта информация поступает одновременно в пробное устройство *ПУ* и на запоминающее устройство *ЗУ—Б*. Если линия вызываемого абонента свободна, то *ЗУ—Б* примет эту информацию, запишет на соответствующие запоминающие ячейки, после чего серия импульсов канала, по которому обеспечивается установление соединения, выдается на *ЭК* в *АК* вызываемого абонента.

Во время набора номера регистр выдает на провод удержания импульсную серию подключенного к нему канала. Регистр осво-

бождается автоматически через 1 мс после окончания набора номера либо через определенный интервал в случае задержки набора номера.

Пробное устройство ПУ осуществляет пробу на занятость линии вызываемого абонента и представляет собой матрицу из 100 схем совпадения с общим выходом. Входы матрицы связаны с *АК* и с проводами десятков и единиц схемы ИЛИ блока регистров. Серия импульсов канала, по которому устанавливается соединение, появляется на общем проводе при поступлении ее на соответствующие выходы *ПУ* из регистра и при отсутствии сигнала занятости из *АК*. Если линия абонента занята, то после освобождения регистра освобождается канал, а вызывающему абоненту посылается из *АК* сигнал «Занято».

Сигнально-вызывное устройство СВУ предназначено для выработки сигналов: посылки вызова, ответа станции, занятости, контроля посылки вызова. В состав *СВУ* входят электронный генератор и прерыватель, которые обеспечивают соответствующий характер посылаемых сигналов.

Блок питания БП станции представляет собой выпрямитель, работающий от сети переменного тока и вырабатывающий все необходимые градации напряжения, предусмотренные на станции.

Рассмотрим процесс установления соединения между двумя абонентами электронной АТС. Предположим, что вызов поступил от абонента 48. При этом в определитель абонентских линий *ОАЛ* из *АК* поступает сигнал (постоянный потенциал) в схему совпадения, соответствующую номеру абонентской линии. Во время опроса данной схемы совпадения со стороны *ОАЛ* открывшиеся клапаны K_4 в группе десятков и K'_8 в группе единиц пропускают импульсы свободного канала в запоминающее устройство *ЗУ—А*.

Свободная серия импульсов выбирается искателем свободного канала *ИСК*, который автоматически начинает выдавать следующую свободную серию после того, как предыдущая серия будет занята. Под действием серии импульсов занятого для соединения канала в *ЗУ—А* переключаются запоминающие ячейки $ЗЯ_4$ *и* $ЗЯ'_8$, благодаря чему импульсы пройдут в *АК48* на формирующее устройство *ФУ* и далее на *ЭК*, управляя его работой.

Одновременно серия импульсов выбранного канала через схему ИЛИ поступает на общий вход комплектов каналов *КК*. Так как за каждым комплектом канала закреплена своя серия импульсов, то сработает только комплект данного канала. На выходе его начинает выдаваться серия импульсов, соответствующая этому каналу, которая затем поступает на запоминающие устройства *ЗУ—А* и *ЗУ—Б*. Кроме того, импульсы поступают на провод занятых каналов и в схему Запрет. В результате указанная серия импульсов снимается с входа *ИСК*, а на его выходе автоматически появляется серия импульсов следующего свободного канала.

Сигналом для удержания комплекта занятого канала является наличие импульсов данной серии на проводе удержания. На проводе удержания серия импульсов канала может поступать либо

от двух *АК* — во время разговора, либо от *АК* вызывающего абонента и регистра — во время установления соединения. После включения *ЭК* в *АК* сигнал вызова, поступивший в матрицу определителя, снимается.

Один из регистров занимается одновременно с занятием канала. Воспринимая импульсы набора номера, регистр выдает серию импульсов канала одновременно через схему ИЛИ и клапаны *К—К'* на пробное и запоминающее *ЗУ—Б* устройства, а также на провод удержания. Номера проводов, на которых появляется серия канала, соответствуют цифрам десятков и единиц номера вызываемого абонента, например абонента 73. Если линия абонента 73 свободна, то эта серия из пробного устройства выдается на клапаны $К_7$ и $К'_3$ в *ЗУ—Б*, в результате чего включаются запоминающие ячейки $ЗЯ_7$ и $ЗЯ'_3$. С этого момента в *АК* вызываемого абонента начинает поступать серия импульсов данного канала через *ЗУ—Б* и *ФУ*. Электронный контакт вызываемого абонента начинает работать синхронно с *ЭК* вызывающего абонента. Вызываемому абоненту посылается вызывной сигнал, а вызывающему — сигнал контроля посылки вызова. После ответа вызываемого абонента устанавливается соединение.

При отбое со стороны любого из абонента исчезает импульсная серия данного канала на проводе удержания. Комплект канала освобождается, о чем свидетельствует исчезновение импульсной серии на его выходе и в запоминающих устройствах *ЗУ—А* и *ЗУ—Б*. Это, в свою очередь, приводит к закрытию *ЭК* в абонентских комплектах и разъединению соединения.

ГЛАВА 16

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

16.1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Интегральная (цифровая) система связи представляет собой автоматизированную систему связи, в которой все виды передаваемой информации представляются в единой цифровой форме. Такая система позволяет наилучшим образом унифицировать сеть по отношению к различным видам передаваемой информации, т. е. использовать коммутационные узлы (станции) не только для телефонного сообщения, но и для передачи дискретных сигналов от любых других источников информации. В системе используются импульсно-временно́е разделение каналов на основе амплитудно-импульсной модуляции и кодово-импульсная модуляция при передаче сигналов по линиям связи. Управление и коммутация каналов осуществляются с помощью электронных средств. При этом предполагается, что аналоговый (разговорный) сигнал преобразуется в дискретный сигнал и в форме ИКМ сигнала передается по сети [36].

Система может быть и частично интегральной. В этом случае аналоговый сигнал преобразуется не на абонентской ступени, а на более высокой ступени (например, на узловых станциях, имеющих уплотненные линии). В интегральной системе аппаратура уплотнения органически входит в аппаратуру коммутации, поэтому оба вида аппаратуры строятся по единым принципам и на однотипных элементах.

Использование дискретного способа передачи позволяет снизить требования к электрическим параметрам электронных элементов, используемых для построения разговорного тракта, по сравнению с требованиями, предъявляемыми к элементам при передаче аналоговых сигналов. В интегральных системах предполагается использовать электронный способ управления установлением соединений на базе устройств и методов вычислительной техники. В крупных узлах (станциях) коммутации для целей управления будут применены специализированные управляющие машины, способные быстро обработать управляющую информацию, необходимую для установления соединения. Это открывает широкие возможности предоставления различным категориям абонентов дополнительных видов обслуживания.

Поскольку интегральная система связи будет вводиться постепенно на уже существующих сетях, она должна быть приспособлена для совместной работы с системами станций, имеющимися на сети.

Интегральная система обладает более высоким качеством обслуживания соединений, которое определяется коммутационными возможностями узлов и станций сети, заложенными при проектировании системы, пропускной способностью, предусмотренными дополнительными видами обслуживания абонентов и рядом других факторов. Качество передачи информации в интегральной системе определяется в основном электрическими параметрами тракта передачи информации, совершенством устройств синхронизации и используемыми способами повышения достоверности передачи.

Для повышения надежности оборудования в интегральной системе предполагается широкое применение современных быстродействующих электронных элементов, выполненных на основе интегральных схем с высокой степенью интеграции.

16.2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА

В системах с импульсной модуляцией информация передается в дискретной (прерывистой) форме. Благодаря этому в общем тракте можно образовать несколько каналов, разделенных по времени.

Процесс дискретизации разговорного сигнала, рассмотрен в разделе, где изложен принцип импульсно-временно́го разделения каналов. При этом предполагалось, что любой непрерывный сигнал передавался рядом импульсов с частотой следования, вдвое большей максимальной частоты передаваемого спектра, и ампли-

тудами, соответствующими любым мгновенным значениям непрерывного сигнала. Однако достаточно передавать конечное число значений (уровней) аналогового сигнала, поэтому после его дискретизации амплитуду дискретного сигнала следует округлять до ближайшего уровня. Этот процесс называется *амплитудным квантованием.*

На рис. 16.1 представлен амплитудно-квантованный сигнал. При операции квантования по амплитуде, если амплитуда y находится внутри интервала ($y_k - \Delta/2$ или $y_k + \Delta/2$), то вместо импульса с амплитудой y передается импульс с амплитудой y_k (как это показано на рис. 16.1 пунктирной линией). Следовательно, квантование представляет собой нелинейное преобразование, в результате которого мгновенное значение сигнала y несколько изменяется (округляется), при этом допускается ошибка, которая будет тем меньше, чем меньше шаг квантования Δ [36]. В результате квантования импульс с амплитудой y преобразуется в импульс с амплитудой y_k, поэтому по линии связи достаточно передавать индекс (номер) того интервала амплитуд, в который попадает вершина импульса. Индекс передается кодированным способом. На приемном конце по переданному коду индекса можно восстановить импульс с амплитудой y_k, т. е. с некоторой погрешностью восстановить мгновенное значение исходного сообщения.

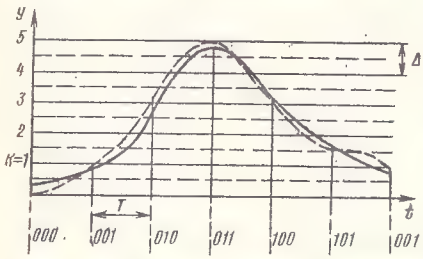


Рис. 16.1. Преобразование аналогового сигнала

Индекс k можно передавать по линии связи различными способами, однако наибольшее распространение получил способ, основанный на использовании двоичного кода. При этом число различных значений k принимают равным 2^n, где n — целое число.

Таблица 16.1

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛА k В ДЕСЯТИЧНОЙ И ДВОИЧНОЙ СИСТЕМАХ

Десятичная система	0	1	2	3	4	5	6
Двоичная система	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110
Посылка	−−−−	−−−+	−−+−	−−++	−+−−	−+−+	−++−

Продолжение табл.

Десятичная система	7	8	9	10	11	12
Двоичная система	0111	1000	1001	1010	1011	1100
Посылка	−+++	+−−−	+−−+	+−+−	+−−−	++−−

В табл. 16.1 показана запись индекса k в десятичной и двоичной системах. Для того чтобы все двоичные числа имели одинаковое число разрядов, добавляют соответствующее число нулей перед числами, имеющими число разрядов меньше n. В третьей строке таблицы записаны кодовые комбинации в виде токовых и бестоковых посылок.

Поскольку каналы передачи разделены по времени, для осуществления квантования амплитуд в групповом тракте на исходящем конце устанавливается кодирующее устройство *КУ* — кодер, а на входящем конце — декодирующее устройство *ДК* — декодер. На рис. 16.2 представлена схема, показывающая принцип

Рис. 16.2. Схема передачи сигнала

преобразования аналогового сигнала в ИКМ сигнал и обратное преобразование ИКМ сигнала в аналоговый в одном направлении передачи. Каналы образуются по четырехпроводной системе.

Система ИКМ по сравнению с системой АИМ требует увеличения скорости следования импульсов в n раз и, следовательно, создания тракта передачи с полосой, в n раз бóльшей. В то же время системы ИКМ обладают существенными преимуществами, такими, как высокая помехозащищенность, возможность уплотнения пар не только высокочастотных, но и низкочастотных кабелей, высокая стабильность параметров каналов независимо от протяженности линии и др. Поэтому эти системы уплотнения находят все большее применение.

Для построения интегральной системы будет использоваться в соответствии с рекомендациями МККТТ аппаратура ИКМ со следующими параметрами: частота дискретизации 8 кГц, количество импульсов в кодовой группе 8, число импульсов для передачи сигналов 7 или 8, число временны́х каналов 32, из которых 30 — для передачи информации, один — для целей синхронизации и один — для передачи сигналов управления (общий канал сигнализации).

Для передачи информации в виде сигналов ИКМ по сети необходимо иметь систему синхронизации, которая должна обеспечить синхронизацию по тактовой частоте и по циклу. Система синхронизации по тактовой частоте общестанционных импульсных генераторов *ОИГ* должна выравнивать скорость приема информации, определяемую частотой *ОИГ* передающей станции, со скоростью коммутации, задаваемой частотой *ОИГ* приемной станции. Синхронизация по циклу должна обеспечить совпадение моментов появления сигналов сообщения в устройствах коммутации ЭАТС с моментом замыкания соответствующих контактов в разговорном тракте. Для синхронизации используются различные способы, которые рассматриваются в курсе «Многоканальная электросвязь».

16.3. ОСОБЕННОСТИ ГРУППООБРАЗОВАНИЯ В ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Процесс преобразования аналогового (разговорного) сигнала в цифровой происходит в несколько этапов: дискретизация, квантование, кодирование и декодирование. На первом этапе аналоговый сигнал превращается в модулированные по амплитуде импульсы, поступающие в групповой тракт, где импульсы разделяются по времени. На втором этапе преобразования модулированные по амплитуде импульсы квантуются ограниченным числом ступеней. На третьем этапе квантованные импульсы кодируются, и каждая амплитуда импульса передается в линию в виде кодовой группы, содержащей токовые и бестоковые посылки.

На последнем, четвертом, этапе принятая кодовая комбинация декодируется в импульс, амплитуда которого соответствует амплитуде переданного импульса.

В случае использования импульсно-кодовой модуляции в ЭАТС этап дискретизации разговорного сигнала может выполняться схемой коммутации. При этом аппаратура уплотнения совмещается с коммутационным оборудованием и, следовательно, создается единая система уплотнения — коммутации.

На рис. 16.3 показан возможный вариант схемы группообразования электронной телефонной подстанции емкостью 1000 номе-

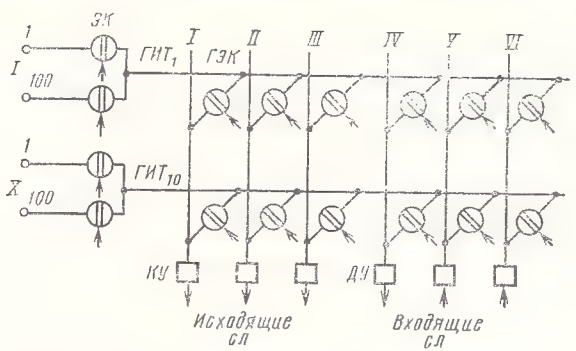


Рис. 16.3. Схема *КС* подстанции с импульсно-временны́м разделением каналов

ров с импульсно-временны́м разделением каналов и с уплотненными по системе ИКМ соединительными линиями.

Абонентские линии разделены на группы по 100 линий. Каждой группе предоставляется один групповой импульсный тракт *ГИТ*, уплотненный по системе ИКМ 32 (или 24) каналами. Абонентская линия подключается к *ГИТ* посредством электронного контакта *ЭК*, открываемого во временно́й позиции предоставленного для соединения канала. Подстанция соединяется с опорной

станцией уплотненными соединительными линиями, число которых определяется нагрузкой. Так, при трех исходящих и трех входящих соединительных линиях может быть образовано до 72 (или 96) исходящих и входящих каналов. Все групповые импульсные тракты могут быть скоммутированы с любой исходящей или входящей соединительной линией посредством групповых электронных контактов *ГЭК*. На исходящих соединительных линиях устанавливаются квантующие и кодирующие устройства *КУ*, а на входящих линиях — декодирующие устройства *ДК*.

Для соединения абонентских линий с каналами входящих или исходящих соединительных линий предоставляются временны́е каналы, одновременно свободные в соответствующих линиях и *ГИТ*, к которым подключаются абонентские линии. Выбор соответствующих каналов и управление *ЭК* и *ГЭК* осуществляются управляющим устройством. Как видно из приведенной схемы группообразования, в данной подстанции могут быть внутренние блокировки из-за неудачного сочетания свободных временны́х каналов в уплотненных линиях и групповых трактах. Так, если в групповом тракте для вызывающего абонента имеется свободный временно́й канал i, а в исходящих соединительных линиях i-е каналы заняты, то, несмотря на то, что в СЛ имеются свободные другие временны́е каналы, абонент получит отказ в соединении или будет ожидать освобождения канала i в одной из исходящих соединительных линий. Для устранения этого недостатка в системах с импульсно-временны́м разделением каналов вводят ступень *временно́й коммутации* (рис. 16.4). Временна́я коммутация заклю-

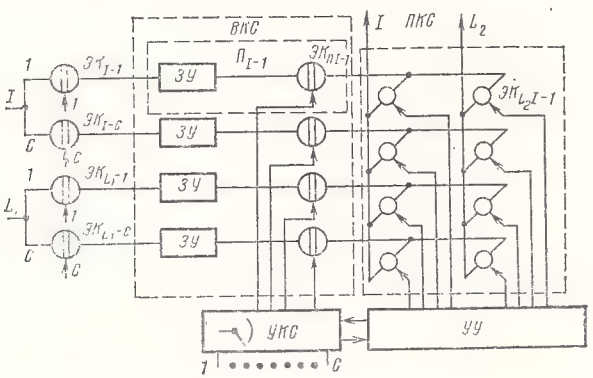


Рис. 16.4 Коммутационная система с временно́й и пространственной коммутацией каналов

чается в сдвиге временно́го канала из одной временно́й позиции в другую. Таким образом, коммутацию каналов, разделенных во времени и пространстве, можно выполнять в двух различных последовательностях: коммутацию во времени, а затем в пространстве.

На рис. 16.4 показана коммутационная система, в которой сначала осуществляется временна́я, а затем пространственная коммутация. Для перевода канала из одной временно́й последовательности в другую используются преобразователи *П*, состоящие из электронного контакта *ЭК* и запоминающего устройства *ЗУ*. Коммутация каналов уплотненных линий L_1 с каналами уплотненных линий L_2 осуществляется следующим образом.

Информация, поступающая по каналу *1* уплотненной линии *I*, выделяется посредством электронного контакта $ЭК_{I-1}$ и запоминается в *ЗУ* преобразователя $П_{I-1}$. Если соединение должно быть установлено с каналом *С* в уплотненной линии L_2, то в пространственной коммутационной системе *ПКС* переключается в рабочее состояние электронный контакт $ЭК_{L_2 I-1}$, а на электронный контакт $ЭК_{пI-1}$ преобразователя $П_{I-1}$ подается импульсная последовательность канала *С* через управляющую коммутационную систему *УКС*. Благодаря этому информация, записанная в *ЗУ* преобразователя $П_{I-1}$ в режиме канала 1, будет выдаваться в линию L_2 в режиме канала *С*. Таким образом, в рассмотренной коммутационной системе информация передается через три электронных контакта $ЭК_{I-1}$, $ЭК_{п\,I-1}$ и $ЭК_{L_2 I-1}$, причем все эти контакты работают в разных режимах. Электронный контакт $ЭК_{I-1}$ всегда работает в режиме первого канала, $ЭК_{п\,I-1}$ может работать в режиме любого канала в соответствии с требуемым соединением, $ЭК_{L_2 I-1}$ находится в рабочем состоянии в течение всего времени установления соединения и разговора.

Электронными контактами управляют схема управления *УУ* и управляющая коммутационная система *УКС*, которую иногда называют управляющим коммутатором *УК*. Введение ступени временно́й коммутации позволяет уменьшить внутренние блокировки и тем самым повысить пропускную способность коммутационной системы. Однако при этом увеличивается объем оборудования *КС*, поэтому схему группообразования следует выбирать после тщательных технико-экономических расчетов.

Для уменьшения расходов на абонентской линии в интегральной системе предполагаются глубокая децентрализация коммутационного оборудования и использование различных типов коммутационных узлов и станций в зависимости от их назначения. Рассмотрим один из возможных способов построения интегральной цифровой системы связи ИЦСС с использованием на оконечных станциях квазиэлектронного оборудования.

16.4. ИНТЕГРАЛЬНАЯ КВАЗИЭЛЕКТРОННАЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ (ИКЭ АЦСС)

Интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи занимает промежуточное положение между квазиэлектронными и интегральными цифровыми системами [5, 7]. Система может использоваться для создания местных (сельских, учрежден-

ческих и городских) сетей со станциями емкостью от 64 до 4000 номеров. Система отличается от квазиэлектронной тем, что она позволяет коммутировать каналы с импульсно-кодовой модуляцией ИКМ без перехода на низкую частоту в станциях и узлах коммутации, а от интегральной тем, что преобразование аналогового сигнала в цифровой осуществляется на выходе коммутационного блока абонентских линий *БАЛ*, если соединение устанавливается с каналом уплотненной линии. Если соединение осуществляется с физической линией, то преобразования сигнала не происходит.

На рис. 16.5 представлена упрощенная структурная схема интегральной квазиэлектронной АТС (ИКЭ). Каналы для передачи цифровой *1* и аналоговой *5* информаций коммутируются в общей пространственной коммутационной системе *4*, выполненной посредством многократных интегральных соединителей МИС с магнитным удержанием. Для коммутации цифровых каналов в пространственной *КС* введены преобразователи «время — пространство» *2*.

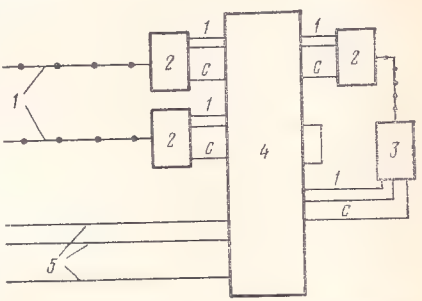


Рис. 16.5. Схема включения физических и уплотненных линий

В уплотненных линиях с ИКМ цифровые каналы разделены между собой во времени, а на выходе преобразователей *2* они разделяются в пространстве и подаются на вход *КС* (*4*). При этом сигналы передаваемой информации сохраняют цифровую форму, следовательно, каналы для передачи цифровой информации коммутируются без демодуляции, т. е. так же, как в интегральных системах связи. Коммутация осуществляется в пространственной коммутационной системе, выполненной на герконах, так же, как в КЭАТС. В силу указанных особенностей система занимает промежуточное положение между интегральными (электронными) и квазиэлектронными системами.

В рассматриваемой системе управление установлением соединений централизовано в пределах сети посредством центрального управляющего устройства *ЦУУ*, которое представляет собой электронную управляющую машину ЭУМ с записанной программой. Все станции сети связываются с *ЦУУ* общими каналами управления *ОКУ (ОКС)*. По этим каналам *ЦУУ* получает от АТС информацию о состоянии приборов и по ним же посылает команды на установление и разъединение соединений и для соответствующих изменений состояний приборов АТС.

Централизация управления в пределах сети позволяет повысить экономичность сети, поскольку стоимость управляющего оборудования, отнесенная к одной абонентской линии при центральном управлении, уменьшается. Это объясняется тем, что для АТС,

имеющих управление с записанной программой, стоимость управляющего оборудования в расчете на одну абонентскую линию зависит от емкости АТС: чем меньше емкость АТС, тем относительная стоимость выше. Так, относительная стоимость управляющего оборудования для АТС емкостью 64 номера больше, чем для АТС на 1000 номеров, в 4—10 раз [5]. Поскольку значительная часть сельских и учрежденческих АТС имеет емкость до 200 номеров, то для повышения экономичности сети при применении АТС с управлением по записанной программе следует централизовать управление в пределах сети.

Централизация управления в пределах сети позволяет автоматизировать процесс эксплуатационного обслуживания сети, повысить ее пропускную способность, что снижает затраты в расчете на один эрланг нагрузки; осуществить межсетевую интеграцию, т. е. объединить сети с различными видами информации: телефонные, телеграфные, передачи данных, факсимильной связи, радиовещания и др.; увеличить количество дополнительных видов обслуживания, предоставляемых абонентам; повысить качество связи благодаря способности реагировать на изменяющиеся условия на сети (свойство адаптации).

Сеть ИКЭ АЦСС представляет собой радиальную или радиально-узловую структуру с возможностью организации поперечных и обходных связей. В качестве соединительных линий могут использоваться физические цепи или каналы ИКМ. Центральное управляющее устройство *ЦУУ* размещается на опорной станции (ОПС). Управление оконечными ОС и оконечно-узловыми ОУС станциями осуществляется через общие каналы управления *ОКУ*, которые образуют некоммутируемую сеть. Эти каналы могут образовываться посредством аппаратуры ИКМ или по физическим четырехпроводным линиям. Схема построения сельской телефонной сети, когда опорная станция включена на правах узловой, приведена на рис. 16.6. Опорная станция должна по возможности устанавливаться в одном здании с центральной станцией ЦС районного центра. Выход на междугородную сеть устанавливается через ЦС, выход на сети абонентского телеграфа АТ, прямых соединений ПС, передачи данных ПД и других осуществляется через опорную станцию ОПС непосредственно.

Схема построения сельской сети для случая, когда ОПС включена на правах ЦС, приведена на рис. 16.7. Предусматривается применение поперечно-обходных связей на уровне ОУС. Выход на междугородную и другие сети осуществляется с ОПС. На рис. 16.8 показана сеть каналов *ОКУ* для сети связи рис. 16.7. Для управления каждой группой по 256 абонентских линий необходим один *ОКУ* со скоростью передачи управляющей информации не менее 16 кБод. На сети могут быть использованы два вида *ОКУ* — индивидуальный со скоростью передачи 16 кБод и групповой со скоростью 64 кБод. В свою очередь, групповой *ОКУ* может разделяться на индивидуальные. Организация *ОКУ* по физическим СЛ предусматривается в том случае, когда не экономично

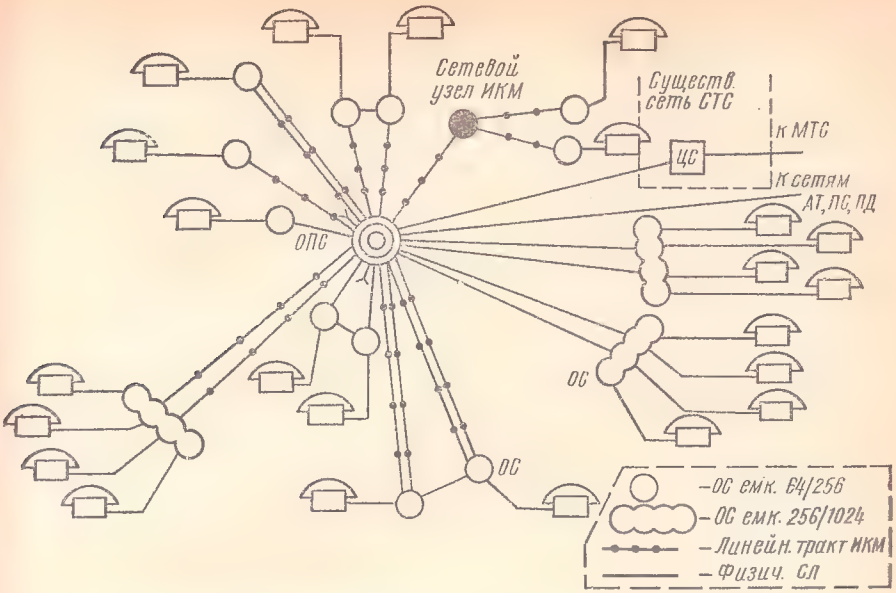


Рис. 16.6. Схема сети связи с использованием ОПС в качестве УС

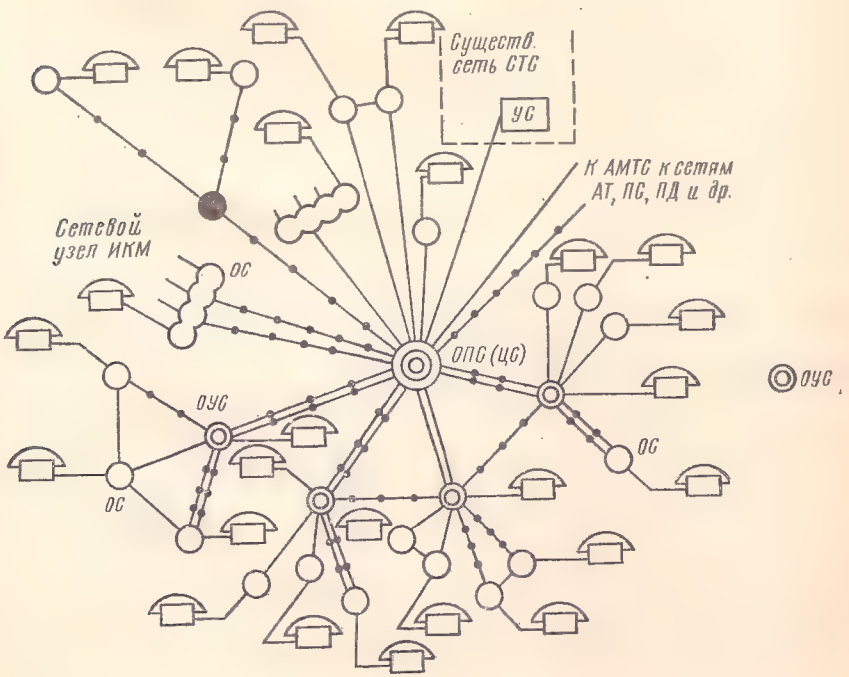


Рис. 16.7. Схема сети связи с использованием ОПС в качестве ЦС

использовать аппаратуру ИКМ. Для обеспечения требуемой надежности оконечно-узловые и оконечные станции подключаются к ОПС через два ИКМ тракта (включая обходные и поперечные связи). Для ОС емкостью до 128 АЛ допускается связь по одному тракту ИКМ. Между ОПС и ОУС организуется не менее двух радиальных групповых *ОКУ*, а между ОПС и ОС количество радиальных *ОКУ* зависит от емкости ОС: для емкости 64/128 номе-

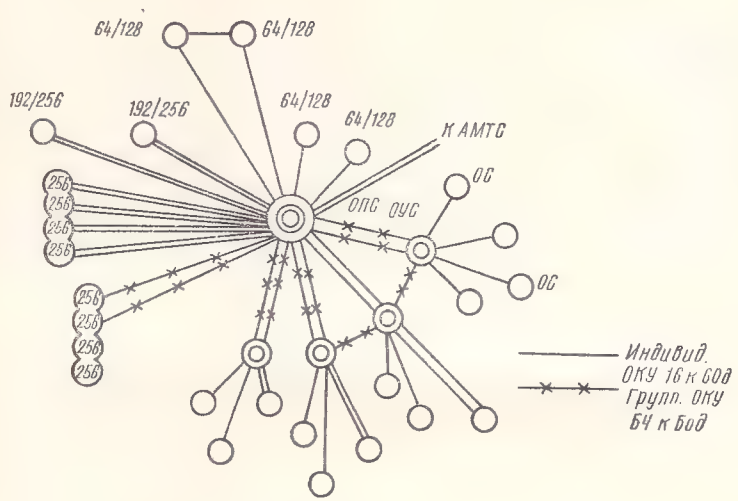


Рис. 16.8. Схема сети *ОКУ*

ров — два *ОКУ*; для емкости 256/1024 номеров — два радиальных *ОКУ* для каждой группы в 256 АЛ или два групповых *ОКУ* на всю ОС.

Оконечные станции имеют резервные устройства управления, обеспечивающие внутреннюю телефонную связь при выходе из строя *ЦУУ* или ИКМ тракта. Программное управление позволяет автоматически включать в случае повреждения резервные устройства, использовать обходные пути как по основным каналам, так и по *ОКУ*.

Емкость оконечных станций ОС предусматривается в пределах от 64 до 1024 абонентских линий. Наращивание емкости может осуществляться блоками по 64 линии. Емкость оконечно-узловой станции — от 64 до 2048 АЛ, при этом емкость блока соединительных линий *БСЛ* 128×128. Емкость ОПС — от 256 до 4096 АЛ, наращивание емкости может осуществляться блоками по 256 АЛ. Блок *БСЛ* имеет емкость 256×256 и позволяет иметь до 64 направлений. Суммарная абонентская емкость всей сети, обслуживаемая одной опорной станцией, может достигать 4000 номеров, при суммарной нагрузке всех видов связи — до 400 Эрл.

В случае необходимости допускается включение АЛ с бóльшей средней нагрузкой при соответствующем увеличении оборудования.

Абонентам ИКЭ АЦСС могут быть представлены следующие дополнительные виды обслуживания: сокращенный набор междугородных и местных номеров; наведение справки во время разговора; передача входящего вызова на другую абонентскую линию; конференц-связь; возможность временнóго избирательного ограничения входящей связи; подача сигнала предупреждения занятому абоненту о поступлении нового вызова и ряд других. Предусматриваются определение номера и категории телефóнного аппарата вызывающего абонента и выдача информации о нем при каждом исходящем соединении по сигналу запроса, а также возможность автоматического обнаружения злонамеренных вызовов.

Процесс эксплуатационного обслуживания оборудования автоматизирован. Обнаружение и локализация повреждений производится в *ЦУУ* с помощью контрольных и диагностических программ с выводом результатов на печатающее устройство. Обслуживающий персонал осуществляет только замену поврежденных устройств или отдельных плат. Обслуживающий персонал в дневное время находится только на ОПС. Предусмотрена возможность дистанционного контроля за работой оборудования станций, включенных в ОПС. Посещение ОС и ОУС обслуживающим персоналом производится только периодически и по сигналам аварийного повреждения.

На рис. 16.9 представлена структурная схема опорной станции. Оборудование ОПС позволяет устанавливать все виды соединений. Опорная станция имеет следующее оборудование: блоки коммутации абонентских *БАЛ* и соединительных *БСЛ* линий; абонентские комплекты *АК;* шнуровые комплекты *ШК;* служебные комплекты *СК;* комплекты соединительных линий *КСЛ;* блок оконечных регенеративных трансляций *БОРТ;* комплекты исходящих *ИКСЛ* и входящих *ВКСЛ* соединительных линий; блоки сопряжения — цифровые *БСЦ* и аналоговые *БСА;* оборудование общего канала управления *ОКУ;* коммутационный блок служебных комплектов *КБСК*; блок станционных генераторов *БСГ;* комплект выдачи сигналов АОН; периферийные управляющие устройства *ПУУ;* центральное управляющее устройство *ЦУУ;* внутристанционные шины.

Блоки абонентских линий *БАЛ* служат для включения *АЛ* и концентрации нагрузки. Основой *БАЛ* является коммутационный двухзвенный блок 32×32×16 (концентрацией 2 : 1). Для получения бóльшей концентрации (4 : 2) два блока 32×16×16 запараллеливаются по выходам, образуя блок 64×32×16. Блок соединительных линий предназначен для смешивания нагрузки и для включения соединительных линий всех типов (аналоговых и цифровых), промежуточных линий от *БАЛ* и различных комплектов. Основой *БСЛ* является двухзвенный коммутационный блок 64×64×64 (см. рис. 10.8*а*), который строится на основе 16 ком-

мутаторов емкостью 8×8. Назначение *АК, ШК, СК, ИКСЛ, ВКСЛ* такое же, как в квазиэлектронных АТС. Комплекты соединительных линий *КСЛ* обеспечивают питанием микрофоны ТА и принимают сигналы об изменении состояния абонентской линии (отбоя).

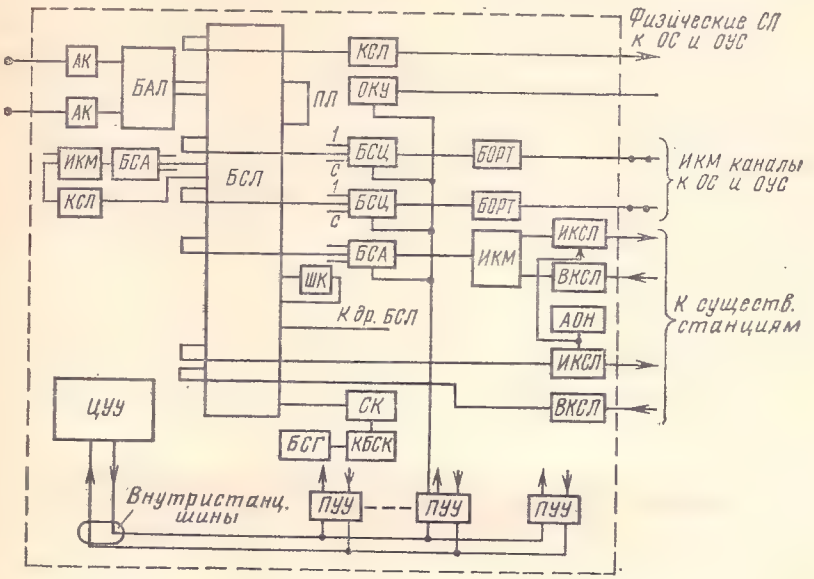


Рис. 16.9. Структурная схема опорной станции ОПС

Аппаратура ИКМ предназначена для осуществления прямого и обратного преобразования «аналог — код» и объединения цифровых последовательностей в групповом тракте. Блок оконечных регенеративных трансляций *БОРТ* служит для организации линейного тракта ИКМ, представления цифровой информации в виде сигналов, пригодных для передачи в линейный тракт, и дистанционной подачи питания в необслуживаемые усилительные пункты НУП.

Аппаратура АОН служит для передачи многочастотным кодом информации о категории и номере вызывающего абонента. При помощи каналов управления *ОКУ* осуществляется передача сигналов управления между ОПС и управляемыми станциями. Общий канал управления может быть в составе линейных трактов ИКМ (тогда они входят в состав блока сопряжения цифровой *БСЦ*). Блок *БСЦ* обеспечивает преобразование типа «время — пространство» и синхронизацию линейных трактов ИКМ. Блок имеет один вход, а число выходов определяется числом каналов системы ИКМ (12, 24, 32). Блок сопряжения аналоговый *БСА* подобен *БСЦ* и используется при установлении соединения между ТА, в соедини-

тельный тракт между которыми входят линии с цифровой и аналоговой передачей сигналов. В блоке *БСА* нет оборудования *ОКУ*, и этим он отличается от *БСЦ*. Блок станционных генераторов *БСГ* вырабатывает тональные и вызывные сигналы.

Периферийные управляющие устройства *ПУУ* обеспечивают прием, проверку, декодирование и исполнение команд, посылаемых от *ЦУУ*. Посредством *ПУУ* собирается информация о состоянии оборудования станции. Центральное управляющее устройство *ЦУУ*, представляющее собой электронную управляющую машину ЭУМ, обеспечивает управление всеми процессами установления соединения в пределах сети. Для *ЦУУ* создается программное обеспечение *ПО*, представляющее собой комплекс систем алгоритмов и программ, обеспечивающих установление всех видов соединений, контроля, диагностики, тарификации, учета нагрузки и др. Внутристанционные шины предназначены для передачи сигналов между *ЦУУ* и *ПУУ*.

Соединение на ОПС осуществляется следующим образом:

внутреннее соединение — абонент—абонент ОПС: *АК—БАЛ — БСЛ — ШК — БСЛ — БАЛ — АК;*

исходящее (входящее соединение): а) абонент — *ИКСЛ (ВКСЛ): АК—БАЛ—БСЛ—ПЛ—БСЛ—ИКСЛ; (ВКСЛ)*; б) абонент ОПС — ОС (ОУС) с физической *СЛ: АК — БАЛ — БСЛ — ПЛ — КСЛ — СЛ* к ОС (ОУС); в) абонент ОПС — канал ИКМ к ОС (ОУС): *АК — БАЛ — БСЛ — ПЛ — БСЛ — КСЛ — — ИКМ — БСА — БСЛ — ПЛ — БСЛ — БСЦ — БОРТ* — канал ИКМ к ОС (ОУС);

Транзитные соединения: а) электромеханическая АТС — физическая СЛ к ОС(ОУС) либо *ИКСЛ (ВКЛС) — ИКМ — БСА — БСЛ — ПЛ — БСЛ — БСЦ — БОРТ* — канала ИКМ к ОУ (ОУС); либо *ИКСЛ (ВКСЛ) — БСЛ — ПЛ — БСЛ — КСЛ — ИКМ — БСА — БСЛ — ПЛ — БСЛ — БСЦ — БОРТ* канал ИКМ. Способ выбирается в зависимости от ситуации на сети; б) электромеханическая АТС — электромеханическая АТС; *ИКСЛ (ВКСЛ) — БСЛ — ПЛ — БСЛ — ВКСЛ (ИКСЛ)*; в) ОУ (ОУС) с физической СЛ — ОУ (ОУС) с физической *СЛ: КСЛ — БСЛ — ПЛ — БСЛ — КСЛ*; г) ОУС (ОУС) с физической *СЛ — ОС* (ОУС) с ИКМ каналами: *КСЛ — БСЛ — ПЛ —БСЛ — ИКСЛ — ИКМ — БСА — БСЛ — ПЛ — БСЛ — БСЦ — БОРТ.*

Если на сети нет линий с аппаратурой ИКМ, система ИКЭ АЦСС превращается в квазиэлектронную систему. Вместе с тем включение ИКМ каналов и организация транзита в цифровой форме не требуют установки дополнительных коммутационных блоков и не меняют алгоритма установления соединения, что делает систему экономичной.

Построение программного обеспечения *ПО* определяется структурой системы связи и центрального устройства управления. Наибольшее влияние на построение *ПО* оказали следующие особенности ИКЭ АЦСС: централизованное управление сетью связи, организованной по радиальному или радиально-узловому принципу

с поперечными и обходными направлениями: установление связи между абонентскими аппаратами через разное число коммутационных станций (внутри сети через 1—5 коммутационных станций, а при внешней связи с другими сетями через 1—3 станции); дистанционное управление ОС и ОУС по общим каналам управления; возможность совмещения сетей общего пользования и внутрипроизводственной; организация дополнительных видов обслуживания в пределах сети; автоматизация контроля и технической диагностики оборудования опорно-узловой и оконечных станций; автоматизация процесса технического обслуживания. Вследствие этих особенностей определялись специфические особенности *ПО*: многофункциональность алгоритмов и программы; многорежимность функционирования при управлении различными видами связи; разновидность характеристик абонентских оконечных установок и большой объем оперативных данных об устанавливаемых соединениях.

ГЛАВА 17

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АТС

17.1. ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Система технической эксплуатации АТС складывается из следующих компонентов: аппаратурных или программных средств контроля и проверки исправности оборудования; устройств и методов обнаружения и устранения неисправностей, возникающих в приборах и программах АТС; организационных мероприятий, определяющих методы и способы технического обслуживания.

Основной задачей системы эксплуатации является обеспечение нормального функционирования всех устройств телефонной сети при наименьших затратах труда, денежных средств, материалов и оборудования. Выполнение противоречивых требований о высоком качестве работы АТС и низком уровне эксплуатационных расходов достигается только путем решения ряда сложных научных и инженерных задач. Выбор системы эксплуатации не может быть произвольным, он обусловлен многими объективными факторами. Наибольшее влияние на систему эксплуатации оказывают технические характеристики обслуживаемой системы АТС и, в первую очередь, ее надежность.

На современном этапе основными направлениями усовершенствования систем эксплуатации АТС являются:

максимальная автоматизация всех процессов обслуживания АТС с использованием программных средств диагностики повреждений;

централизованное обслуживание нескольких АТС персоналом, находящимся в эксплуатационно-техническом центре;

использование математически обоснованных методов эксплуатации и дифференцированных для каждой АТС показателей качества ее работы;

внедрение на телефонных сетях автоматизированных систем управления (АСУ).

17.2. УСТРОЙСТВА СИГНАЛИЗАЦИИ АТС

Для обеспечения выявления характера и места повреждения на АТС используется система оптической и акустической сигнализации. Различают *аварийную* сигнализацию, которая требует немедленного вмешательства обслуживающего персонала для быстрейшего устранения повреждения, и *неаварийную,* которая отмечает повреждения, не влияющие в данный момент на работоспособность всей станции. Некоторые неаварийные сигналы возникают только после определенной выдержки времени T (это предотвращает появление ложных сигналов).

На каждом стативе АТС размещаются плата сигнализации, которая фиксирует различные сигналы о повреждениях приборов данного статива, и комплект разноцветных сигнальных ламп для проявления этих сигналов. Кроме того, на некоторых стативах установлены индивидуальные лампы для сигнализации о повреждении отдельного прибора. Совокупность названных выше устройств называют стативной сигнализацией (табл. 17.1).

Аварийные сигналы сопровождаются непрерывным звонком громкого боя (НЗ), неаварийные — прерывистым звонком (ПЗ).

Таблица 17.1

СТАТИВНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ АТС-54

Характер повреждения или вид сигнала	Наименование сигнализации; стативы, на которых она появляется	Сигнализация		Время выдержки T
		оптическая (наименование и цвет ламп)	акустическая	
Перегорание стативного предохранителя (6 А)	Все стативы	*ПС* — синяя	НЗ	0
Перегорание индивидуального предохранителя прибора	Все стативы	*ПП* — белая	ПЗ	0
Длительное нахождение под током электромагнита искателя	Техническая — стативы с искателями	*ТС* — красная	НЗ	10—20 с
Задержка освобождения комплекта *РСЛК*	Техническая — статив $РСЛК_{исх}$	*ТС* — красная	НЗ	10—20 с
Занятие *ИГИ* без набора номера или задержка отбоя абонента	Абонентская — стативы *ИГИ* и *ЛИ*	*АС* — зеленая	ПЗ	1—2 мин
Отсутствие свободных выходов из поля *ПИ*	Стативы *ПИ*	*УП* — желтая	—	0
Блокировка (занятие прибора для проверки)	Стативы *ГИ* и *ЛИ*	Индивидуальная лампа	—	0

В системе АТСК сохраняются в основном теже виды сигнализации, но некоторые из них приобретают другой смысл. Так, техническая сигнализация отмечает неоднократное неустановление соединения маркером. Абонентская сигнализация появляется после выдержки 5—11 мин в *ИШК* (при длительном неответе вызываемого абонента), в *ВШК* (при безотбойности вызванного абонента), а также на стативе *АК* (при безотбойности вызывавшего абонента). Используются также дополнительные виды сигнализации — о неисправности или безотбойности комплектов *РСЛ*, о повреждении цепей вызывного тока.

На необслуживаемых координатных АТС предусмотрена возможность автоматической передачи сигналов о повреждениях через свободную соединительную линию на вышестоящую станцию. С этой целью, например, на сельских оконечных и узловых АТС устанавливается передающий сигнальный комплект *СК*, а на ЦС— приемный комплект *СКЦ*. Данные, принимаемые *СКЦ*, печатаются (в кодированной форме) на рулоне бумаги при помощи электроуправляемой пишущей машинки.

Квазиэлектронные и другие перспективные АТС не требуют вмешательства обслуживающего персонала при каждом повреждении. На таких АТС используется аварийная сигнализация о выходе из строя важнейших приборов или об отсутствии исправных резервных функциональных блоков. Сигнализация должна возникать также в том случае, когда число накапливающихся повреждений превзойдет установленный допустимый уровень. При использовании устройств и программ автоматической диагностики повреждений сигнализация указывает блок или плату, в которых обнаружена неисправность.

17.3. КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

На АТС всех систем используется специальная аппаратура для проверки исправности оборудования и выявления повреждений. *Ручные* испытательные приборы требуют больших затрат труда и времени при проверках, поэтому они постепенно вытесняются высокоэффективной *автоматической* аппаратурой.

На декадно-шаговых АТС ручная проверка приборов на рабочих местах выполняется при помощи универсального передвижного проверочного прибора № 21, прибора № 31 (для проверки состояния выходов ступеней искания) и прибора № 32 (для проверки *ЛИМ*). Кроме того, в регулировочной мастерской имеются настольные испытательные пульты для проверок съемных плат различных приборов. Автоматическая проверочная аппаратура (*АПА*) АТС-54 [30] размещена на специальном стативе и связана со всеми стативами *ГИ* и *ЛИ* через подключающие устройства, которые состоят из искателей-распределителей *ИР* ШИ-50/4, находящихся на стативе *АПА*, и проверочно-подключающих искателей *ППИ* ШИ-25/8, установленных на каждом стативе *ГИ* и *ЛИ*. При помощи *ИР* статив *АПА* соединяется с любым из 350 проверяе-

мых стативов, а при помощи *ППИ* — с одним из приборов данного статива. По программе, задаваемой нажатием кнопок, измерительно-испытательное устройство *АПА* подключается к входу проверяемого прибора и к проверочному выходу статива (таким выходом обычно служат 10-й выход 9-й декады *ГИ* и 99-й выход *ЛИ*). В каждом цикле работы *АПА* имитирует все этапы установления соединения, проверяя наличие акустических сигналов, исправность разговорных проводов, действие пробных и импульсных цепей через искусственные линии и т. д. Предусмотрена возможность выборочной однократной или многократной проверки отдельных приборов либо сплошной поочередной проверки оборудования. В последнем случае задается только номер статива, с которого должна начаться проверка, а все дальнейшие переходы к различным приборам и стативам совершаются автоматически. Для проверки оборудования 10-тысячной станции по полной программе требуется 12—14 ч. Печатающее устройство *АПА* (перфораторного или цифропечатающего типа) фиксирует все неправильные действия проверяемых приборов, отмечая номер прибора и статива, а также шифр повреждения. По некоторым данным использование *АПА* позволяет снизить число непрохождений в 2,5 раза и сократить штат АТС. С помощью *АПА* выявляется только 30% повреждений, однако эти повреждения являются самыми сложными.

На городских координатных АТС имеется комплекс передвижных пультов для ручных и полуавтоматических проверок маркеров (прибор *ППМ*), регистров (*ППР*), шнуровых и линейных комплектов (*ПШК* и *ПРСЛ*). Правильность взаимодействия приборов всей станции проверяется с помощью статива *автоабонента* (в АТСК-У) или *автотренера* (в АТСК). К этому стативу подводятся от разных абонентских сотен испытательные выходы, между которыми автоматически поочередно устанавливаются исходящие и входящие контрольные соединения. Автоабонент может действовать непрерывно, регистрируя число установленных и неустановленных соединений, либо останавливаться в случае непрохождения соединения и включать сигнализацию. В первом режиме автоабонент обычно работает в ночное время, во втором — днем. Кроме того, на АТСК-У используется передвижной прибор для имитации пяти одновременных вызовов (*ПОВ*). Случаи неустановления соединений маркерами выявляются *устройством автоматического контроля (УАК)* с кодированной записью на рулоне бумаги данных о номерах приборов, участвовавших в неустановленном соединении, номерах абонентов, этапе работы маркера и т. п. В АТСК-У фиксируется также номер регистра, не закончившего процесс соединения. Систематический анализ записей *УАК* служит основой для выявления повреждений. Локализация повреждений облегчается при использовании *устройства оперативного контроля (УОК)*, которое включает сигнализацию, если в течение определенного интервала времени число соединений, неустановленных отдельным маркером или регистром, превысит допу-

стимый уровень. Имеется также аппаратура для контроля и проверки регистров (*АКПР*), которая в случайной последовательности подключается к различным регистрам и контролирует правильность их работы в процессе обслуживания абонентской нагрузки. Кроме того, *АКПР* может работать в режиме поочередного занятия регистров и их автоматической однократной или многократной проверки.

Важным элементом системы эксплуатации является оборудование *учета нагрузки (УН)*, которое позволяет получить статистические данные о количестве обслуженных и потерянных вызовов, а также о нагрузке отдельных пучков приборов. На АТСК используется статив *УН*, на котором установлены устройства измерения времени занятия приборов и электромеханические счетчики для регистрации числа занятий и неустановленных соединений. Контролируемые приборы подключаются к стативу *УН* при помощи кнопочных переключателей и реле. Для АТСК-У разработана электронная аппаратура *УН*, размещаемая на двух стативах. Вся поступающая в аппаратуру информация накапливается на электронных счетчиках и каждые 15 мин переписывается на перфоленту для обработки на ЭВМ.

Правильное использование комплекса автоматической контрольно-испытательной аппаратуры позволяет выявлять с ее помощью 40—50% повреждений на станциях АТСК.

В квазиэлектронных и электронных АТС непосредственное (визуальное) наблюдение за работой приборов невозможно, поэтому обычные методы контроля непригодны. В этих АТС используют комплекс разнообразных способов контроля, который согласован с программой работы станции. Рассмотрим кратко эти способы: 1) постоянное закрепление контролирующих устройств за наиболее ответственными приборами станции, например общими блоками управления. Такие *встроенные* устройства сравнительно несложны, они постоянно контролируют работу прибора во время обслуживания поступающей от абонентов нагрузки; 2) использование специальных *тест-программ,* при помощи которых периодически проверяются различные приборы в процессе установления обычных соединений; 3) применение более сложных тест-программ, создающих *искусственную нагрузку* (контрольные вызовы) в периоды, когда мала абонентская нагрузка; 4) использование полуавтоматической или автоматической проверочной и диагностической аппаратуры, которая дистанционно управляется оператором *эксплуатационного центра,* связанного с множеством необслуживаемых АТС.

Управление этой аппаратурой может осуществляться и без участия человека, с помощью програмы, записанной в ЭВМ эксплуатационного центра. Наилучший результат дает сочетание различных способов контроля. Использование встроенного контроля и простейших тест-программ позволяет включать аварийную сигнализацию при полном отказе контролируемого устройства или накапливать статистические данные о количестве сбоев. Поврежден-

ное устройство может автоматически заменяться резервным. Если количество сбоев превысит допустимый уровень, то вызывается более сложная диагностическая подпрограмма, которая выясняет место повреждения до уровня съемной платы. Иногда эта задача решается с помощью дистанционно управляемой аппаратуры. Оператор эксплуатационного центра (или «проверяющая» программа) может выдать команду, по которой неисправное устройство блокируется от занятий и тем самым предотвращается его влияние на качество работы станции. Таким образом, различные способы контроля решают разные задачи, взаимно дополняя друг друга.

В современных крупных квазиэлектронных АТС используется мощный комплекс диагностических программ, который является неотъемлемой частью единого программного обеспечения станции. В этих АТС все процессы управления коммутацией, контроля оборудования, диагностики повреждений, включения резервных блоков и сигнализации осуществляются единым управляющим комплексом с большим объемом памяти. При этом для обнаружения сравнительно несложных, но часто встречающихся повреждений применяют самые простые диагностические программы. Если использование такой программы не привело к успеху, то вызываются все более и более сложные программы до тех пор, пока повреждение не будет обнаружено. Такой принцип позволяет часто использовать простые программы и редко — сложные.

17.4. МЕТОДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ АТС

К настоящему времени сложились два основных метода эксплуатации — профилактический и статистический.

Профилактический метод эксплуатации заключается в том, что все приборы АТС систематически проверяются, причем периодичность проверок для каждого вида приборов различна и определена заранее. Этот метод предполагает выполнение следующих работ в автозале АТС.

1. *Текущее обслуживание* складывается из постоянного (на декадно-шаговых АТС — круглосуточного) наблюдения за сигнализацией; выявления причин появления сигналов о неисправностях; устранения повреждений (по данным сигнализации и контрольно-испытательной аппаратуры, заявкам бюро ремонта и других станций); регистрации всех повреждений в журнале учета; обеспечения чистоты и оптимального температурно-влажностного режима в автозале. Эти работы выполняются дежурным персоналом смены в основном в дневное время. На необслуживаемых, например, сельских и учрежденческих координатных АТС текущее обслуживание отсутствует.

2. *Планово-профилактические проверки и измерения* проводятся с целью выявления неисправностей и нарушений регулировки в отдельных приборах станции. При таких проверках в соответствии с технологической картой, составленной для каждого вида приборов, выполняется ряд определенных операций: внешний ос-

мотр; полная или частичная электрическая проверка действия прибора в обычных либо утяжеленных условиях; измерения некоторых параметров; чистка, а при необходимости также регулировка и замена отдельных деталей. При проверках используется ручная или автоматическая контрольно-испытательная аппаратура КИА. Периодичность проверок разных приборов определяется годовым планом профилактики (чем больше повреждаются приборы, тем чаще они проверяются). На обслуживаемых АТС плановая профилактика проводится в часы малой нагрузки силами сменного персонала, проверяющего закрепленную за ним часть оборудования. Простейшие повреждения немедленно устраняются этим персоналом, а сложные передаются регулировочной бригаде. На необслуживаемых АТС и подстанциях профилактика проводится электромеханиками, которые периодически посещают закрепленные за ними объекты.

3. *Текущий (планово-предупредительный) ремонт* всех приборов проводится по плану силами регулировочной бригады. Ремонт заключается в снятии съемных приборов, чистке приборов и мест их установки, разборке и сборке механизмов с заменой изношенных деталей, механической регулировкой и смазкой трущихся частей. Отремонтированный прибор тщательно проверяется на пульте, а затем — на рабочем месте. Периодичность текущего ремонта зависит от интенсивности работы прибора. Искатель ДШИ-100, например, ремонтируется один раз в три года, если количество его занятий в сутки не превышает 100, и один раз в год — при 300 или более занятиях.

4. *Капитальный ремонт* проводится при сильном износе оборудования (на декадно-шаговых АТС через каждые 8—10 лет) силами имеющейся на сети ремонтной бригады. При таком ремонте полностью заменяют изношенные приборы или отдельные их узлы, а также некоторые монтажные кабели, выполняют сплошную регулировку всех видов оборудования.

5. *Учет и контроль технического состояния* АТС производятся путем внешнего осмотра оборудования, выборочной проверки отдельных приборов и контроля прохождения соединений при внутренней и межстанционной связи. На крупных ГТС имеются специальные *группы контроля,* которые систематически проверяют состояние станций. Для этого вручную или автоматически создают определенное количество контрольных вызовов к испытательным номерам и регистрируют несостоявшиеся соединения по техническим причинам. Качество работы станции должно проверяться в часы большой нагрузки. Необходимое количество контрольных вызовов определяется методами математической статистики [23]. Контрольные группы производят также приемку всех видов профилактических и ремонтных работ, оценивают работу регулировочных бригад, контролируют выполнение различных производственных показателей и разрабатывают рекомендации по их улучшению.

Профилактический метод эксплуатации обладает рядом серьезных недостатков. Профилактические проверки всегда охватывают лишь небольшую часть оборудования и поэтому не позволяют выявлять все имеющиеся повреждения. Некоторые повреждения, влияющие на качество работы станции, обнаруживаются с большим запозданием, а редкие отказы (сбои) вообще не выявляются. При хорошем качестве оборудования количество повреждений мало и несопоставимо с трудом, затраченным на их обнаружение, т. е. большая часть проверок оказывается бесполезной. Текущий ремонт всех приборов (как хорошо работающих, так и имеющих недостатки) часто приносит больше вреда, чем пользы. Иногда после проведения профилактических проверок и ремонтов число повреждений возрастает. Это может объясняться низкой квалификацией или случайными ошибками регулировщиков, нарушением «притирки» механических деталей, некачественно проведенной чисткой контактов. Текущий ремонт требует снятия части приборов, поэтому ухудшается качество обслуживания абонентов. Основным недостатком профилактического метода является то, что он требует неоправданно больших затрат труда и, следовательно, больших эксплуатационных расходов. Особенно возрастают эти расходы, если стремятся улучшить показатели при уже достигнутом высоком уровне качества. По некоторым рекомендациям доля неустановленных соединений должна находиться в определенных пределах, например 0,25—0,5%. Дальнейшее улучшение качества явно нецелесообразно, так как оно не будет ощутимо для абонентов и вместе с тем потребует значительных расходов. Согласно расчетам для уменьшения доли ошибок с 0,03 до 0,02% нужно затратить в 3 раза больше средств, чем для снижения этой доли с 2 до 1%.

Статистический метод эксплуатации лишен указанных выше недостатков. При использовании этого метода текущий ремонт и профилактические проверки не проводятся. Периодически проверяются лишь немногие наиболее важные общестанционные приборы, а также устройства контроля и сигнализации; в необходимых случаях выполняется смазка механизмов. Статистический метод допускает наличие некоторого, относительно небольшого, количества неаварийных повреждений, которые не влияют заметно на качество обслуживания абонентов. Немедленное устранение всех замеченных повреждений не является обязательным, основные усилия обслуживающего персонала направлены только на поддержание приемлемого качества работы станционного оборудования. Решение этой задачи достигается последовательным выполнением ряда мероприятий.

1. Организуют непрерывный сбор информации о качестве работы отдельных устройств, пучков приборов, линий и станции в целом. В настоящее время не существует единого, научно обоснованного критерия, при помощи которого можно было бы оценить работу АТС. Поэтому используют многочисленные *показатели качества* обслуживания и нормативы. Основными показателями для

коммутационного оборудования являются: количество повреждений в единицу времени на единицу оборудования (например, среднемесячное число повреждений, приходящееся на 100 номеров задействованной емкости АТС); средняя продолжительность одного повреждения; доля повреждений, устраненных в течение нормированного так называемого *контрольного срока;* доля неустановленных соединений по отношению к общему числу поступивших вызовов (этот показатель оценивает отказы из-за повреждений приборов). Кроме того, используются такие дополнительные показатели, как количество заявок, поступивших в бюро ремонта АТС, число повторных повреждений и т. д. Показатели качества должны быть различными для разных станций и зависеть от системы АТС, поступающей нагрузки, числа ступеней искания и длительности эксплуатации (число повреждений особенно велико в первые месяцы после пуска АТС, а при сроке эксплуатации свыше 25 лет оно возрастает на 12—25%).

При использовании статистического метода эксплуатации для получения информации о качестве работы оборудования применяют: *АПА* на декадно-шаговых АТС; автотренеры, *УАК, УОК, АКПР,* дефектографы, устройства учета нагрузки на координатных; встроенные электронные счетчики неустановленных соединений, аппаратуру и программы автоматического контроля на квазиэлектронных АТС с замонтированной программой; запоминающее устройство, накапливающее данные о повреждениях, на АТС с записанной программой. Устройства вывода информации и табло сигнализации желательно сосредоточить в одном пункте, находящемся вне автозала. Основным, обобщающим, критерием качества является доля неустановленных соединений, поэтому необходимо ежедневно производить такое количество контрольных вызовов, которое достаточно для достоверной оценки качества. Определить это количество можно в зависимости от полученных результатов проверок, используя специальные математические методы, например *метод последовательного анализа* [51]. Контрольные вызовы должны совершаться как в ЧНН, так и в периоды малой нагрузки.

2. Полученную информацию о состоянии оборудования тщательно анализируют с целью выработки достоверных гипотез о причинах возникающих повреждений. Обработка больших массивов поступающей информации, накопление необходимых статистических данных и их детальный анализ должны выполняться в максимально сжатые сроки, иначе принимаемые решения окажутся запоздалыми и, следовательно, малоэффективными. Ускорение обработки информации достигается использованием ЭВМ в эксплуатационном центре, который обслуживает все близлежащие АТС. Полученные в результате анализа показатели качества сравнивают с нормативными величинами, которые были определены ранее для каждой станции в условиях ее нормальной стабильной работы.

3. На основе проведенного анализа принимают решение о действиях, необходимых для поддержания допустимого качества, и в случае необходимости проводят работу по отысканию и устранению неисправностей в определенной части оборудования, продолжая при этом непрерывно контролировать показатели качества.

Эффективное применение статистического метода эксплуатации возможно только при наличии ряда объективных предпосылок: 1) оборудование АТС должно быть достаточно надежным (чтобы не потребовалось постоянное обслуживание); 2) средний уровень повреждаемости в нормальных условиях эксплуатации должен быть достаточно низким; 3) на АТС должны иметься эффективные автоматические средства контроля технического состояния оборудования; 4) необходим систематический сбор и анализ статистических данных о повреждаемости оборудования с использованием современных средств вычислительной техники; 5) должна быть достигнута высокая общая «культура обслуживания», инженерно-технический персонал должен быть достаточно квалифицированным (чтобы принимаемые решения были правильными); 6) должны использоваться научно обоснованные нормативы качества работы оборудования. Перечисленным требованиям в значительной мере удовлетворяют современные координатные системы АТС, поэтому статистический метод успешно внедряется на ряде телефонных сетей страны [11]. В еще большей степени отвечают условиям применения статистического метода перспективные системы АТС с программным управлением, обладающие мощным комплексом средств контроля и диагностики. В этих АТС имеется возможность полной автоматизации всех процессов анализа статистических данных и определения оптимальной стратегии проверки оборудования.

17.5. ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ АТС

Традиционный способ *автономного* обслуживания предполагает наличие постоянного штата инженеров и электромехаников на каждой станции. Использование координатной коммутационной техники и статистического метода эксплуатации создало возможность внедрения на передовых ГТС и СТС страны прогрессивного способа *централизованного* обслуживания [11]. Согласно этому способу для группы близкорасположенных АТС организуется *центр технического обслуживания* (ЦТО), укомплектованный одной или несколькими выездными бригадами, а также квалифицированными инженерами, которые координируют выполнение всех работ по обслуживанию данной группы АТС. За каждой станцией постоянно закрепляется лишь минимально необходимый персонал, который в часы наибольшей нагрузки проводит текущее обслуживание по показаниям сигнализации, *УАК* и автотренера, устраняет абонентско-станционные повреждения, а также выполняет все необходимые работы по указаниям ЦТО. При авариях или ухудшении качества работы оборудования ЦТО высылает

на АТС выездную бригаду, которая оказывает помощь персоналу станции или действует самостоятельно, проводя необходимые инженерно-технические мероприятия по выявлению и устранению недостатков в работе станции. Кроме того, персонал ЦТО с помощью средств дистанционного контроля ведет наблюдение за работой оборудования всех АТС в то время, когда на них нет обслуживающего персонала.

На некоторых сетях организуется *служба технического обслуживания абонентов* (СТОА), объединяющая работников, занятых устранением абонентских повреждений (обычно в пределах одного узлового района). Основными элементами СТОА являются: *централизованное бюро ремонта* (ЦБР), операторы которого принимают все абонентские заявки о повреждениях; группа учета и анализа поступающих заявок, которая координирует работу СТОА и обменивается информацией с ЦТО; линейные участки, объединяющие монтеров по эксплуатации абонентских устройств; группа диспетчеров, которая контролирует работу монтеров по устранению повреждений и имеет прямые связи со всеми линейными участками и автозалами; мастерская по ремонту телефонных аппаратов. Служба технического обслуживания абонентов оснащается специальным коммутационным и проверочным оборудованием.

Использование способов централизованного обслуживания позволяет резко повысить производительность труда предприятий связи и значительно улучшить качество обслуживания абонентов. Особенно велик эффект централизации при использовании АТС с программным управлением. Наличие на этих АТС развитого комплекса диагностических программ позволяет сосредоточить в едином эксплуатационно-техническом центре весь обслуживающий персонал, наблюдающий за большой группой станций. Для работы непосредственно на АТС используются менее квалифицированные работники, которые к тому же посещают станции изредка — только для замены поврежденных съемных плат. По некоторым данным [15] до 98% повреждений удается обнаружить на ЦТО без выезда на АТС, из них в 70% случаев выявляется непосредственно поврежденная плата. Никаких ремонтов на АТС не производится, неисправности в съемных платах устраняются в мастерской ЦТО, оборудованной специальной диагностической аппаратурой. Такой способ обслуживания позволяет значительно снизить затраты труда. Таким образом наиболее сложные системы АТС с управлением по записанной программе оказываются самыми экономичными в эксплуатации.

Список литературы

1. **Автоматическая** коммутация и телефония. Ч. I. Под ред. Г. Б. Метельского. М., «Связь», 1968. 270 с.
2. **Автоматическая** коммутация и телефония. Ч. II. Под ред. Г. Б. Метельского. М., «Связь», 1969. 413 с.

3. **Автоматическая** междугородная и сельская телефонная связь. Под ред. Е. А. Зайончковского. М., «Связь», 1976. 311 с.
4. Автоматизация телефонной связи. Термины и определения ГОСТ 19472—74. Введ. 01.01.1975. М., 1974. 13 с.
5. **Аджемов С. А., Мисуловин Л. Я., Парилов В. П.** Интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи ИКЭ АЦСС. Ч. I. Принципы построения ИКЭ АЦСС. — «Электросвязь», 1975, № 10, с. 1—7.
6. **Аппараты** телефонные. Термины и определения ГОСТ 18490—79. Введ. 01.01.1974. М., 1973. 15 с.
7. **Комплекс** оборудования ИКЭ АЦСС. Ч. II. — «Электросвязь», 1975, № 10, с. 8—13.
8. **Бухгейм Л. Э., Максимов Г. З., Пшеничников А. П.** Автоматическая сельская телефонная связь. М., «Связь», 1976. 184 с.
9. **Вемян Г. В.** Качество телефонной передачи и его оценка. М., «Связь», 1970. 224 с.
10. **Глушков В. М.** Синтез цифровых автоматов. М., Физматгиз, 1962. 476 с.
11. **Гольдин Я. М.** Статистический метод оценки качества работы ГТС средней емкости. — «Электросвязь», 1976, № 8, с. 12—19.
12. **Городские** координатные АТС типа АТСК. М., «Связь», 1970. 304 с.
13. **Городские** телефонные станции и подстанции. М., «Связь», 1971. 312 с.
14. **Многократный** интегральный соединитель с магнитоуправляемыми контактами. — «Электросвязь», 1975, № 10, с. 52—57.
15. **Гуан Т. И.** Техническое обслуживание телефонных станций с программным управлением систем Е10 и Е11 («Метаконта L»). Экспресс-информация «Эксплуатация средств связи» (телефония, телеграфия, передача данных), 1976, вып. 1, с. 21.
16. **Губренко И. М., Кучумов Е. В.** Телефонные аппараты АТС. М., «Связь», 1968. 336 с.
17. **Давыдов Г. Б., Иванова О. Н.** Основное направление научно-технического прогресса телефонной связи. М., «Связь», 1974. 64 с.
18. **Ефимов И. Е., Козырь Н. Я.** Основы микроэлектроники. М., «Связь», 1975. 271 с.
19. **Жданов И. М., Кучерявый Е. И.** Построение городских телефонных сетей. М., «Связь», 1972. 134 с.
20. **Иванова О. Н.** Электронная коммутация. М., «Связь», 1971. 296 с.
21. **Иванова О. Н., Попова А. Г., Соловой Ю. В.** Управляющие устройства квазиэлектронных коммутационных систем. М., «Связь», 1975. 285 с.
22. **Иванова О. Н., Лазарев В. Г., Пийль Е. И.** Синтез электронных схем дискретного действия. М., «Связь», 1963. 176 с.
23. **Кармазов М. Г., Траубенберг И. А., Петрушин И. П.** Организация и планирование предприятий электрической связи. М., «Связь», 1973. 264 с.
24. **Китаев Е. В.** Телефония. М., Связьиздат, 1958. 283 с.
25. **Кузнецов Е. К.** Телефонные аппараты. М., Связьиздат, 1956. 295 с.
26. **Лазарев В. Г.** Электронная коммутация и управление в узлах связи. М., «Связь», 1974. 268 с.
27. **Лазарев В. Г., Саввин Г. Г.** Сети связи, управление и коммутация. М., «Связь», 1973. 264 с.
28. **Лившиц Б. С., Мамонтова Н. П.** Классификация систем коммутации телефонных каналов. М., «Связь», 1976.
29. **Лившиц Б. С., Ханин Г. Б., Семенов И. И.** Сельские автоматические телефонные станции. М., «Связь», 1975. 424 с.
30. **Лийк Р. Б., Ройтенбург Е. М.** Автоматическая телефонная станция декадно-шаговой системы АТС-54. М., Связьиздат, 1959. 115 с.
31. **Лутов М. Ф.** Квазиэлектронные АТС. М., «Связь», 1968. 200 с.
32. **Максимов Г. З., Пшеничников А. П.** Телефонная нагрузка местных сетей связи. М., «Связь», 1969. 150 с.
33. **Мартьянов Б. К.** Телефонная коммутация. М., «Связь», 1972. 518 с.
34. **Матлин Г. М.** Проектирование оптимальных систем производственной связи. М., «Связь», 1973. 416 с.
35. **Надежность** в технике. Метод последовательных испытаний. ГОСТ 17331—71. Введ. 01.07.1975. М., 1975. 21 с.

36. **Основы** построения интегральной сети связи. М., МЭИС, 1974. 191 с.
37. **Полковский И. М., Ткаченко А. Д.** Электроакустические тракты с обратной связью. М., «Связь», 1962. 222 с.
38. **Телефония.** Ч. II. Теория и техника телефонной коммутации. Л., 1973. 480 с.
39. **Прагер Э., Траика Я.** Электронные телефонные станции. М., «Связь», 1976. 352 с.
40. **Принципы** построения квазиэлектронных АТС малой емкости. Под ред. Л. Я. Мисуловина. М., «Связь», 1970. 199 с.
41. **Принципы** построения учрежденческой квазиэлектронной АТС средней емкости. М., «Связь», 1976. 88 с.
42. **Проектирование** городских координатных АТС. М., «Связь», 1975. 184 с.
43. **Рабкин Л. И., Эпштейн Б. О., Васильев А. М.** Матричный соединитель на запоминающих герконах (гезаконах). Сборник научных трудов ЦНИИС. Вып. 4. Л., «Энергия», 1975, с. 3—7.
44. **Рогинский В. Н.** Построение релейных схем управления. М., «Энергия», 1964. 423 с.
45. **Рубин М., Холлер К.** Коммутационные системы сетей связи. М., «Связь», 1972. 394 с.
46. **Системы** и приборы связи коммутационные. Термины и определения. ГОСТ 19692—74. Введ. 01.07.1975. М., 1974. 13 с.
47. **Соболев О. А., Фань Гэн Линь.** Электронная коммутация. Л., ЛЭИС. 1975. 75 с.
48. **Сообщение** телефонное. Термины и определения. ГОСТ 21835—76. Введ. 01.07.1977. М., 1976. 15 с.
49. **Структура** электронных управляющих устройств. Информ. сб. «Техника связи за рубежом». М., «Связь», 1971. 115 с.
50. **Устройства** управления коммутационной техники связи. ГОСТ 21835—76. Введ. 01.07.1977. М., 1976. 15 с.
51. **Эллдин А., Линд Г.** Основы теории телетрафика. М., «Связь», 1972. 200 с.

Условные обозначения

АТС — автоматическая телефонная станция
АМТС — автоматическая междугородная станция
АЛ — абонентская линия
АВУ — аппаратура высокочастотного уплотнения АЛ
АОН — аппаратура автоматического определения номера вызывающего абонента
АР — абонентский регистр
АРБ — абонентский регистр с выдачей батарейных сигналов
АТСК — автоматическая телефонная станция координатная
АТСК-У — автоматическая телефонная станция координатная усовершенствованная
АТСДШ — автоматическая телефонная станция декадно-шаговая
АПА — автоматическая проверочная аппаратура
АТС-47 — декадно-шаговая АТС, разработанная в 1947 г.
АТС-54 — декадно-шаговая АТС, разработанная в 1954 г.
АТС-54А — декадно-шаговая АТС, разработанная с устройством АОН
Ас — асимметрия станционная
Ал — асимметрия линейная
АК — абонентский комплект
АИ — абонентское искание (ступень или блок)
АУ — арифметическое устройство ЭУМ
АПД — аппаратура передачи данных
АКС — анализатор кода станции
АЦП — аналого-цифровой преобразователь

БК — балансный контур
БАЛ — блок абонентской линии
БСЛ — блок соединительной линии
БРИ — блок регистрового искания
БВКЭ — блок включения коммутационных элементов
БП — блок адресов переходов
БПК — блок памяти команд
БОРТ — блок оконечных регенеративных трансляций
ВРД — входящий регистр от декадно-шаговых АТС
ВРДБ — входящий регистр от декадно-шаговых АТС батарейный
ВКЗСЛ — входящий комплект заказно-соединительных линий
ВР — входящий регистр
ВШК — входящий шнуровой комплект
ВШКМ — входящий шнуровой комплект междугородной связи
ВЭ — выбирающий электромагнит МКС
ВУ — внешнее устройство ЭУМ (ЭВМ)
ГТС — городская телефонная сеть
ГИ — групповой искатель
ГЩП — главный щит переключений
ГД — групповой датчик
ГУ — групповая установка
ГШ — генератор шума
Г — генератор
ГСА — граф-схема алгоритма
ГЭК — групповой электронный контакт
ДШИ — декадно-шаговый искатель
ДШИМ — декадно-шаговый искатель модернизированный
ДГИ — дополнительная ступень группового искания
ДС — дифференциальная система
ДШ — дешифратор
ДВО — дополнительные виды обслуживания
ЕАСС — единая автоматизированная сеть связи
Зв — звонок переменного тока
ЗСЛ — заказно-соединительная линия
ЗТС — зоновая телефонная сеть
ЗУ — запоминающее устройство
ЗМП — замонтированная программа
ЗСП — записанная программа
ИЦСС — интегральная цифровая система связи
ИВ — искатель вызова
ИРД — исходящий регистр к декадно-шаговой АТС
ИКЗСЛ — исходящий комплект заказно-соединительной линии
ИШК — исходящий шнуровой комплект
ИШКТ — исходящий шнуровой комплект таксофонный
ИЗД — измеритель звукового давления
ИКМ — импульсно-кодовая модуляция
ИК — импульсный контакт номеронабирателя
ИКЭ АЦСС — интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи
КУ — коммутационный узел
КП — кодовый приемник

КПП — кодовый приемопередатчик
КСА — комплект спаренных аппаратов
КС — коммутационная система
КЭ — коммутационный элемент
КБ — коммутационный блок
КСЛ — комплект соединительной линии
КЭАТС — квазиэлектронная АТС
КВВ — канал (устройство) ввода-вывода ЭУМ
КР — кодовый регистр
КИА — контрольно-испытательная аппаратура
ЛИ — линейный искатель (или ступень линейного искания)
ЛЭНИИС — Ленинградское отделение научно-исследовательского института связи
ЛК — линейный комплект
ЛСА — логическая схема алгоритма
МДС — магнитодвижущая сила
МТС — междугородная телефонная станция (или сеть)
МКС — многократный координатный соединитель
МККТТ — международный консультативный комитет по телефонии
МГИ — маркер блока группового искания
МГ — многочастотный генератор
МП — мост питания
М — микрофон
МБ — местная батарея
МЭ — местный эффект
МГС — многократный герконовый соединитель
МФС — многократный ферридовый соединитель
МЭС — многократный электронный соединитель
МИС — многократный интегральный соединитель
МСА — матричная схема алгоритма
МАИ — маркер блока АИ
МГИ — маркер блока ГИ
МРИ — маркер блока РИ
МК — мультиплексторный канал
НПД — неполнодоступный пучок линий (или приборов)
НН — номеронабиратель
НД — номеронабиратель дисковый
НК — номеронабиратель кнопочный
НПС — новый порог слышимости
ОАКТС — Общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть
ОС — оконечная станция
ОВК — опросно-вызывной ключ
ОЗУ — оперативное запоминающее устройство
ОКС — общий канал сигнализации
ОКУ — общий канал управления
ОАЛ — определитель абонентских линий
ОПЛ — определитель промежуточных линий
ОВ — определитель входов (или выходов)
ОИКСЛ (ОВКСЛ) — определитель исходящих (входящих) комплектов соединительных линий
ОР — определитель регистров
ОК — определитель комплектов
ОПС — опорная станция
ОУС — оконечно-узловая станция
ПСК-1000 — подстанция координатная на 1000 №№
ПР — промежуточный регистр
ПКВ — подключающий комплект входящей линии
ПКИ — подключающий комплект исходящей линии
ПКП — подключающий комплект подстанции
ПИ — предыскатель
ПД — полнодоступный пучок
ПЩ — промежуточный щит
ПС — порог слышимости
ПБО — порог болевого ощущения
ПСМ — порог слышимости моноуральный
ПЛ — промежуточная линия
ПУ — программное устройство
ПУУ — периферийное управляющее устройство
ПД — программный датчик
ПТС — приемник тональных сигналов
ПТН — приемник тонального набора
ППИ — проверочно-подключающий искатель
УВС — узел входящего сообщения
УИС — узел исходящего сообщения
УАК — узел автоматической коммутации
УС — узловая станция СТС
УЗПИ — устройство запроса и приема информации
УПАТС — учрежденческо-производственная телефонная станция
УТС — учрежденческая телефонная сеть
УАТС — учрежденческая АТС
УЭ — удерживающий электромагнит МКС
$Ус_{пер}$ — усилитель передачи
$Ус_{пр}$ — усилитель приема
УУ — управляющее устройство
УЗО — устройство защиты от ошибок
ЦБ — центральная батарея

ЦС — центральная станция
ЦУУ — центральное управляющее устройство
ШИ — шаговый искатель
ШП — шунт питания
ШК — шнуровой комплект
ЭВМ — электронная вычислительная машина
ЭЗ — эквивалент затухания по громкости
ЭМП — электромагнит подъема ДШИ
ЭМВ — электромагнит вращения ДШИ
ЭУМ — электронная управляющая машина
ЭК — электронный контакт
ФБ — функциональный блок
ФН — фиксатор направления
Ф — фиксатор адресной информации
ЧНН — час наибольшей нагрузки
ППР — проверочный прибор регистров
ПДИ — передатчик декадный импульсов
РПН — реле плоское нормальное
РЭС-14 — реле электротехническое, типа 14
РК — реле круглое
РИ — регистровое искание
РИА — регистровое искание абонентских линий
РИВ — регистровое искание входящих линий
РСЛИ — реле соединительных линий исходящих
РСЛВ — реле соединительных линий входящих
РП — рычажный переключатель
РП — распределитель преимущества
Рег — регистр
РТС — ручная телефонная станция
РСИ — релейный смешивающий искатель
СУ — сетевой узел
СТС — сельская телефонная сеть
СВУ — сигнально-вызывное устройство
СЛ — соединительная линия
СЛМ — соединительная линия от междугородной станции
СК — станционный или служебный комплект
СИ — смешивающий искатель
Сч — счетное устройство (счетчик)
ТА — телефонный аппарат
ТА МБ — телефонный аппарата местной батареи
ТС — телефонная станция
Т — телефон
ТА ЦБ — телефонный аппарат центральной батареи
УК — узел коммутации
УР — узловой район

Предметный указатель

Абонент *5, 48*
Абонентская линия *5, 9, 10, 307, 348*
— матрица *366*
Абонентский регистр *138*
Автоматическая проверочная аппаратура *198, 602*
— регулировка уровня *47*
—телефонная станция *6, 66*
Адаптация слуха *17*
Адресная информация *58*
Алгоритм функционирования *95, 131*
Анализатор кода станции *263*
Аппаратура автоматического определения номера *387*
— высокочастотного уплотнения абонентских линий *393*
Арифметическое устройство *523*
Асимметрия разговорного тракта *226*
— станционная *227*
АТС с замонтированной программой *454*
АТС с записанной программой *454*
Балансный контур *41*
Блок абонентских линий *464*
— адресов переходов *514*
— включения коммутационных элементов *506*
— концентрации *463*
— памяти команд *514*
— смешивания *463*
— соединительных линий *465*
Блокировка *114*
Включение неполнодоступное *75*
— полнодоступное *75*
Включение равномерное *440*
— ступенчатое *76*
— транспонированное *253*
Внутренняя блокировка *114*
Внутриузловая связь *441*
Временна́я диаграмма *421*
Временны́е параметры речи *20*
Время межсерийное *38*
Вторичная сеть *5*
Входящий шнуровой комплект *138*
— регистр *139*
Вынужденное искание *102*
Гарнитура *64*
Гезакон *462*
Геркон *457*
Главный щит переключений *445*
Граф-схема алгоритма *483*
Громкость речи *16*
Групповая установка *394*
Групповое искание *106*
Групповой искатель *107*
Группообраование *164*
Датчик импульсов электронный *272*
Двухзвенный коммутационный блок *88, 90*
Декадно-шаговая АТС *164*
Декадно-шаговый искатель *163*
Деление поля ГИ электрическое *237*
Дешифратор адресов (команд) *513*
— адресов переходов *514*
Динамический диапазон речи *20*
— — слуха *15*
Дисковый номеронабиратель *37*
Дополнительные виды обслуживания *391*
Доступность *75, 84*
— переменная *244, 245*
— эффективная *246*
Единая автоматизированная сеть связи *5, 355*
Емкость АТС *363*
Заказно-соединительная линия *386*
Закрытая нумерация *357*
Замонтированная программа *454*
Записанная программа *454*
Затухания местного эффекта *49*
— местной системы *52*
— распределения *359*
Звено соединения *87*
Звеньевое включение *238*
Звуковая волна *12*
— интенсивность *12*
Звуковое давление *12*
— поле *12*
Здания АТС *446*
Зона телефонная *355*
Избыточная нагрузка *395*
Импульсная цепь *203*
Импульсное реле *203*
Импульсный коэффициент *38, 206*
Индекс выхода *167, 389*
Интенсивность звука *12*
— нагрузки *70*
Интегральная сеть связи *8, 586*
— квазиэлектронная аналого-цифровая система связи *592*
Искажения импульсов *206, 211*
Искатель вызова *66, 103*
Исходящий регистр *139*
— шнуровой комплект *138*
Канал *58*
Канал (устройство) ввода-вывода ЭУМ *523*
Капсюльный телефон ТК-67 *27*
Качество телефонной передачи *50*
Квазиэлектронные коммутационные приборы *60*
Квазиэлектронный узел коммутации *63*
Кнопочный номеронабиратель *39*

Код счетного устройства *267*
— фиксации *268*
Кодовый приемник *59*
— регистр *59*
Коммутатор *88, 98*
Коммутаторы звеньевого включения *24*
Коммутация *57*
Коммутационная аппаратура *58*
— группа *61*
— система *59, 98*
— станция *5, 57*
Коммутационные блоки *82, 84, 243, 313, 314, 316*
— узлы *5, 57, 378*
— параметры *61*
— приборы *60, 82*
Коммутационный коэффициент *61*
— элемент *60, 492*
Комплексное сопротивление *45*
Контактная пирамида *268, 269, 270*
Контрольно-испытательная аппаратура *602*
Конструкция АТСК *443*
Концентратор *393*
Координатная АТС
— подстанция *329, 334*
Косвеное управление *113*
Коэффициент использования нумерации *356*
— кроссировочный *80*
— модуляции микрофона *32*
— обрывности микрофона *30*
— тяготения нормированный *420*
— электромеханической связи *24*
Критическая полоса слуха *15*
Кросс *59*
Кроссовая коммутация *58*
Линейное реле *199*
Линейный искатель *66, 102*
— комплект *59*
Линий средняя длина *362*
Логическая схема алгоритма *482*
Маркеры блоков ГИ, РИВ, РИА, АИ *136, 276, 318, 315, 341*
Маскировка звуков *17*
Матрица абонентская *366*
— связности НПД включения *442*
Матричная схема алгоритма *483*
Машинная система АТС *7*
Межсерийное время *38, 183*
Местное поле *63*
Местный эффект *40*
Метод артикуляции *53*
— мнений *55*
Микрофон *28, 64*
Многозвенные коммутационные системы *120*
Многократное поле *63*
Многократный герконовый соединитель *456*
— интегральный соединитель *460*
— координатный соединитель *233, 235*
— ферридовый соединитель *458*
— электронный соединитель *468*
Многокоординатные коммутационные системы *126*
Мост питания *51, 225*
Нагрузка обслуженная (пропущенная) *69*
— поступающая *70*
— потерянная *70*
— телефонная *69*
Нагрузка (диаграмма) *421*
Нагрузочная группа *75*
Неблокирующие коммутационные блоки *122*
Неполнодоступное включение линий *84*
Неполнодоступный пучок линий *75*
Непосредственное управление *132*
Номеронабиратель дисковый *37*
— кнопочный *39*
Нормы потерь *422*
Обратное предыскание *104*
Обтекание контактов *223*
Обусловленное искание *120*
Обходные направления *395*
Обходный способ установления соединений *229, 255*
Общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть *5, 355*
Общий канал сигнализации *162, 594*
— — управления *594*
Однозвенные коммутационные блоки *87*
Оконечная станция *594*
Оконечно-узловая станция *595*
Оперативная коммутация *58*
Оперативное запоминающее устройство *506*
Опорная станция *389, 594*
Определитель абонентских линий *257, 261, 506*
— входов динамический *289*
— входов статический *274, 281, 284*
— промежуточных линий *506*
— ИКСЛ (ВКСЛ) *506*
— регистров *507*
Отбой двусторонний *148*
— односторонний *148*
Открытая нумерация *357*
Первичная сеть *5*
Передатчик батарейных импульсов *271*
Периферийные управляющие устройства *146*
Подключающее устройство *143*
Подключающий комплект *139*
Подстанция *58*
Полнодоступное включение *84*
Поступающая нагрузка *411*

Порог болевого ощущения *14*
— слышимости *14, 15*
Пороговый уровень *15*
Потери, вероятность потерь *72*
Потерянная нагрузка *411*
Предварительное искание *104*
Предыскание *104*
Преобразователи электроакустические *20*
Приемник тональных сигналов *156*
Проба занятого выхода *218*
— одновременная *219, 291, 295*
Пробное реле *216*
— устройство *294, 298*
Пробные цепи *215*
Программное управляющее устройство *114, 145, 515*
Программный датчик *146, 517*
Промежуточная линия *87*
Промежуточное оборудование *385*
Промежуточный регистр *139*
Промежуточные щиты *445*
Профиль нагрузки *379*
Прямые СЛ *381*
Пучок линий *73*
Район узловой *380*
Районирование телефонных сетей *360*
Равномерное НПД включение *439*
Распределение доступности *409*
— затухания *359*
— межстанционных потоков *419*
Расстояние начальное *392*
Расчетная нагрузка *422*
Регистр *59, 111*
— абонентский *257, 261, 427*
— входящий *258, 336, 435*
— исходящий *258, 381*
Регистровая нагрузка *423*
Режим искания группового *92, 94*
— — линейного *92, 94*
— — свободного *92*
Режимы искания *92, 236, 237*
Ручная телефонная станция *63*
Ручной коммутатор *63*
Свойства звуков речи *18*
Связность *115, 245, 247, 349*
Связь межстанционная *370*
Сельская телефонная сеть *399*
Сельско-пригородный узел *403*
Сеть районирования *360*
— телефонной связи *5*
— электросвязи *5*
Сигнально-вызывное устройство *66*
Сигнальный код *157*
Сигналы управления *401*
Системы АТС *402*
Системы с ожиданием *72*
— с потерями *72*
Смешанная нумерация *405*
Смешанное группообразование *405*
Соединительная линия *5, 110, 386, 388*
Соединительный тракт *58*
Сопротивление микрофона *30*
Спаренное включение ТА *327, 339*
Спекание угольного порошка микрофона *30*
Спектральная характеристика речи *19*
Специальные службы *391*
Структурная матрица *99*
Структурные параметры *82*
Ступени искания *80, 93*
— — абонентского *120, 248*
— — группового *94, 106*
— — линейного *94, 101, 102*
— — предварительного *94, 102, 104*
— — регистрового *120*
— — смешивающего *94*
Ступенчатое включение *77*
Счетное устройство *262*
Телефон *64, 21*
— электромагнитный *21*
Телефонная нагрузка *69*
— плотность *361*
— сеть *6*
— — городская *355*
— — зоновая *355*
— — междугородная *355*
— — местная *355*
— — сельская *355*
— — учрежденческая *355*
Телефонное сообщение *360*
Телефонные аппараты *35, 36, 40, 41, 44, 46, 47, 48*
Телефонный район *360*
— тракт *9*
Точка коммутации *61, 238*
Тракт передачи информации *58*
Трансляция импульсов *207*
Узел сообщения входящего *380*
— — исходящего *382*
— коммутационный *377*
— коммутации каналов *60*
— коммутации сообщений *59, 60*
— сетьевой *376*
— специальных служб *391*
— УАТС входящий *391*
Узловой район *380*
Узлообразование *377*
Упорядоченное искание *76*
Управляющее устройство *59, 66*
— — с замонтированной программой *454, 574*
— — с записанной программой *454, 562*
Управляющая коммутационная система *592*
Уровень громкости *16*
— интенсивности *13*
— — эффективный *16*
— ощущения *15*
Условные координаты *90*

Учрежденческая телефонная станция *389*
Феррид *458*
Форматы *19*
Функциональная связь *408*
Функциональный блок *143, 453*
Центральное управляющее устройство *14, 454, 562*
Час наибольшей нагрузки *71, 105*
Часо-занятие *70*
Частотная характеристика микрофона *33*
— — неравномерности микрофона *263*
Четырехполюсник станционный *203, 223*
Шаговый искатель *163*
Шума характеристика *19*
Эрланг *408*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3
Введение 4

Глава 1. **Телефонные тракты и аппараты** 9

1.1. Телефонные тракты и их составные части 9
1.2. Звуковое поле и его основные характеристики 12
1.3. Основные свойства слуха и оценки слухового ощущения 14
1.4. Основные свойства и характеристики звуков речи 18
1.5. Электроакустические преобразователи 20
1.6. Электромагнитный телефон и его характеристики 21
1.7. Угольный микрофон и его характеристики 28
1.8. Телефонные аппараты 35
1.9. Оценка качества телефонной передачи речи 50

Глава 2. **Основы автоматической коммутации** 57

2.1. Принципы коммутации. Основные понятия и определения . . . 57
2.2. Структура коммутационного узла 59
2.3. Коммутационные приборы 60
2.4. Способы установления соединений 63
2.5. Основные понятия теории телефонного сообщения 67
2.6. Телефонная нагрузка 69
2.7. Понятие о часе наибольшей нагрузки 71
2.8. Качество обслуживания вызовов 72
2.9. Структура пучков линий 73
2.10. Влияние доступности на пропускную способность пучков линий . . 77
2.11. Число обслуживающих устройств 79

Глава 3. **Построение коммутационных систем** 80

3.1. Способы построения ступеней искания 80
3.2. Способы построения коммутационных блоков 84
3.3. Системы условных координат 89
3.4. Логическая структура коммутационных систем 93
3.5. Пространственные коммутационные системы 98
3.6. Однозвенные ступени искания 101
3.7. Многозвенные ступени искания 112
3.8. Неблокирующие коммутационные блоки 122
3.9. Понятие о перестроениях в коммутационных системах 123
3.10. Многокоординатные коммутационные системы 126

Глава 4. **Принципы построения управляющих устройств** 131

4.1. Общие понятия 131
4.2. Непосредственное управление 132
4.3. Косвенное управление 133
4.4. Способы установления соединений 135
4.5. Структура управляющих устройств 136
4.6. Регистры 136
4.7. Функциональные схемы управляющих устройств 141
4.8. Сигналы управления и линейные сигналы 146
4.9. Способы образования и передачи сигналов управления и линейных сигналов 152
4.10. Кодирование сигналов 157

Стр.

Глава 5. **Системы АТС с непосредственным управлением (декадно-шаговые)** 162

5.1. Краткий обзор развития декадно-шаговых АТС 162
5.2. Коммутационные приборы 163
5.3. Функциональные схемы, группообразование, нумерация 164
5.4. Принципиальные электрические схемы *(ПИ, ИГИ, ЛИ)* 171
5.5. Разговорный тракт, отбой, разъединение 190
5.6. Межстанционные соединительные линии 193
5.7. Конструктивное оформление и технические характеристики декадно-шаговых АТС 194
5.8. Некоторые особенности систем АТС-54 и АТС-54А 196
5.9. Общие соображения о расчетах основных цепей АТС 198
5.10. Цепь линейного реле 199
5.11. Цепь питающего реле 201
5.12. Импульсные цепи 203
5.13. Пробные цепи 215
5.14. Разговорные цепи 221

Глава 6. **Принципы построения координатных АТС** 227

6.1. Особенности и преимущества координатных АТС 227
6.2. Коммутационные приборы 233
6.3. Коммутационные блоки 236
6.4. Принципы построения управляющих устройств 254
6.5. Регистры 257
6.6. Маркеры координатных систем АТС 274

Глава 7. **Координатные АТС** 302

7.1. Краткий обзор развития координатных АТС 302
7.2. Классификация координатных АТС 303
7.3. Городские координатные системы АТСК и АТСК-У 306
7.4. Городские координатные подстанции 334
7.5. Сельские координатные АТС 338
7.6. Учрежденческо-производственные координатные АТС 345

Глава 8. **Местные телефонные сети** 354

8.1. Телефонные сети, классификация сетей, основные требования . . 354
8.2. Принципы районирования ГТС 360
8.3. Районирование ГТС с применением ЭВМ 365
8.4. Межстанционные связи 370
8.5. Узлообразование на ГТС 377
8.6. Связь ГТС с междугородными телефонными станциями 386
8.7. Связь ГТС с учрежденческими телефонными станциями и специальными службами 389
8.8. Повышение использования абонентских линий 392
8.9. ГТС с обходными направлениями. Основные понятия 395
8.10. Сельские телефонные сети 399

Глава 9. **Проектирование станционных сооружений** 404

9.1. Общие положения 404
9.2. Функциональная схема АТСК 408
9.3. Расчет поступающей нагрузки 416
9.4. Распределение нагрузок 418
9.5. Расчет объема оборудования координатных АТС 421
9.6. Проектирование неполнодоступных включений 439
9.7. Комплектация и размещение оборудования АТСК 443

Глава 10. **Принципы построения коммутационных систем квазиэлектронных и электронных АТС** 449

10.1. Роль электроники в коммутационной технике 449

Стр.

10.2. Классификация квазиэлектронных АТС 451
10.3. Коммутационные приборы квазиэлектронных АТС 456
10.4. Построение коммутационной системы квазиэлектронных АТС . . 463
10.5. Построение коммутационной системы электронных АТС 466
10.6. Разговорный тракт ЭАТС с импульсно-временным разделением каналов 470
10.7. Группообразование ЭАТС с импульсно-временным разделением каналов 475

Глава 11. **Алгоритмы работы управляющих устройств** 480

11.1. Основные определения 480
11.2. Матричные схемы и граф-схемы алгоритмов 484
11.3. Упрощение и объединение логических схем алгоритмов 485
11.4. Определение количества ФБ и времени установления соединения по ЛСА 488
11.5. Алгоритмы работы управляющих устройств для различных режимов искания 491
11.6. Переход от ЛСА к программе 498

Глава 12. **Электронные управляющие устройства** 502

12.1. Способы построения управляющих устройств 502
12.2. Принципы построения централизованных программных управляющих устройств 505
12.3. Центральное управляющее устройство с замонтированной программой 509
12.4. Центральное управляющее устройство с записанной программой . 522
12.5. Многопрограммный способ управления установлением соединений . 524

Глава 13. **Функциональные блоки периферийных управляющих устройств** 526

13.1. Общие замечания 526
13.2. Электронные определители 528
13.3. Блоки включения коммутационных элементов 533
13.4. Электронные подключающие устройства 543

Глава 14. **Электронные комплекты и регистры** 545

14.1. Общие замечания 545
14.2. Электронный абонентский комплект 546
14.3. Электронные комплекты соединительных линий 548
14.4. Электронные регистры 550

Глава 15. **Квазиэлектронные и электронные АТС** 555

15.1. Общие сведения 555
15.2. Квазиэлектронная АТС с записанной программой 556
15.3. Квазиэлектронная АТС с замонтированной программой 572
15.4. Электронные АТС 580

Глава 16. **Принципы построения интегральной системы связи** . . . 586

16.1. Общие замечания 586
16.2. Преобразование аналогового сигнала 587
16.3. Особенности группообразования в интегральной системе 590
16.4. Интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи (ИКЭ АЦСС) 592

Глава 17. **Техническая эксплуатация АТС** 600

17.1. Основная задача технической эксплуатации 600
17.2. Устройства сигнализации АТС 601
17.3. Контрольно-испытательная аппаратура 602
17.4. Методы эксплуатации АТС 605
17.5. Централизация обслуживания АТС 609
Список литературы 610
Условные обозначения 613
Предметный указатель 616

ИБ № 404

Ольга Николаевна Иванова,
Марк Филиппович Копп,
Зоя Сергеевна Коханова,
Георгий Борисович Метельский

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Ответственный редактор О. Н. Иванова
Редактор В. К. Старикова
Обл. художника А. Я. Толмачева
Художественный редактор А. И. Моисеев
Технический редактор К. Г. Маркоч
Корректор Р. С. Агаян

Сдано в набор 2/I 1978 г. Подп. в печ. 14/III 1978 г.
Т-01267 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага тип. № 2. Гарнитура литерат.
Печать высокая 39,0 усл. печ. л. 41,79 уч.-изд. л. Тираж 35 000 экз.
Изд. № 15982 Зак тип. 311 Цена 1 руб. 70 коп.

Издательство «Связь». Москва 101000, Чистопрудный бульвар, д. 2
Отпечатано с готового набора типографии издательства «Связь»
в Московской типографии № 4 Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли
г. Москва, И 41, Б. Переяславская ул., дом № 46
Госкомиздата СССР
Москва 101000, ул. Кирова, д. 40

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

В 1978 г. в издательстве «Связь» выйдет новая книга по вопросам построения сетей связи: Лазарев В. Г., Пийль Е. И., Турута Е. Н. **Программное управление на коммутационных узлах.** 20 л.

Описывается структура узлов коммутации с программным управлением. Излагаются принципы построения и функционирования программных управляющих машин. Излагаются основы микропрограммирования в программных управляющих устройствах, описываются методы проектирования программных управляющих устройств, построенных на различных элементах. Рассматриваются основы построения автоматизированной системы проектирования программных управляющих устройств.

Книга предназначена для научных работников.

Приобрести эту книгу можно во всех книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу.